

明 細 書

光スイッチ

関連出願のクロスレファレンス

本願は、放棄された2000年12月27日出願に係る米国特許出願第09/749,068号の一部継続出願である2001年3月5日出願に係る米国特許出願第09/799,329号の一部継続出願である。

技術分野

本発明は、光スイッチに関する。より詳しくは、光通信システム、光記憶装置、光演算装置、光記録装置、又は光プリンタ等、特に、特定の光毎にスイッチングを行う多チャンネル光スイッチが要望される光通信システムに適した光スイッチに関するものである。

背景技術

近年、光通信技術の進展とともに、高速応答、小型化、高集積化、低消費電力化、及び信号の減衰の低減化が可能な光スイッチが求められている。

従来、光スイッチとしては、液晶を用いたもの、電磁石を用いた機械的な装置により光ファイバーの位置を移動させるもの、マイクロミラーを用いるもの等が知られている。

しかし、液晶を用いた光スイッチでは、分子の配向に基づいてスイッチングを行うため、応答速度が遅く、高速通信が要求される光通信への適用は困難であった。また、偏光板を用いる必要があるため、光の利用効率が低いという問題もあった。

電磁石を用いた機械的な装置により光ファイバの位置を移動させる光スイッチでは、装置の小型化ができず、高集積化の要請に応じることが困難であった。また、電磁石を用いた機械的動作によりスイッチングを行うため、消費電力が大きいという問題もあった。

マイクロミラーを用いた光スイッチでは、製造プロセスが煩雑になるため、製造コストが高くなってしまうという問題があった。また、大気中を伝播する光を制御するため、信号の減衰が大きいという問題もあった。

これらに対して、光導波路に電界を印加した際の電気光学効果による、光導波路の屈折率変化を利用してスイッチングを行う光スイッチが提案されている。

しかしながら、この方式の光スイッチでは、光導波路間で、他の光導波路を制御するために印加される電界の影響を受け易いという問題があり、特に、光スイッチを小型化すると、必然的に各光導波路へ電界を印加する電極同士が接近するため、隣接する光導波路間での電界の影響が増大し、クロストーク等による誤動作を生ずるという問題があった。

他方、全反射により光を内部に閉じ込めて光伝達を行う導光部と、この導光部に接触した際に、内部に閉じ込めていた光を導光部外に抽出し、抽出した光を導光部の方向に反射する光スイッチング部と、この光スイッチング部を駆動する駆動部とを有した光スイッチング素子が提案されている（特開平11-202222号公報）。

しかし、この光スイッチング素子は、導光部が入力光の光伝達経路を一方方向にのみ延伸させる構成であるとともに、スイッチング部を導光部の不特定な全反射面に接触させて、導光部に入力した光を無作為に外部に出力するもの、即ち、光のon/offのみを行う形のスイッチであった。従って、特定な入力光を、特定な複数の出力側端子にその光路を切り替え、又は分岐して出力させる光スイッチ、複数の特定な入力光についてそれぞれの光路を切り替えて、特定な出力端子へ出力させる光スイッチ、及び複数の特定な入力光を複数の特定な出力端子へ切り替え、又は分岐して出力する多チャネル

ル光スイッチとすることはいずれも不可能であり、画像表示のような目的には利用可能でも、光通信システムでの利用は、實際上極めて困難であった。

また、この光スイッチング素子では、導光部が、光伝達経路を一方向にのみ延伸させる構成であることに加え、これらが導光部の無限な全反射を利用する構成のため、スイッチング部での出射方向は、入光と導光部との界面での屈折を考慮すると、その全反射角度より深い角度、即ち全反射面に対してほぼ垂直方向に制限され、この点でも特定の光毎に異なる方向へ光を伝達するというスイッチングはできないものであった。

発明の開示

本発明は上述の問題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、消費電力が小さく、かつ高速応答が可能であるとともに、小型化、高集積化が可能であり、かつ信号の減衰を高度に低減することができ、更には、入力した特定の光毎にスイッチングを行うことができる光通信システムに適した光スイッチを提供することにある。

そして、本発明者は、前述の問題を解決するべく鋭意研究した結果、光伝達部を、光路変更部に対向する面の一部に設けられる光反射面を起点に、光導波体からなる光伝達経路が、少なくとも3方向に向けて形成される構成とするとともに、光路変更部を、この光伝達部の光反射面に、アクチュエータ部の変位に基づいて入力光の波長レベルで接触又は離隔させることにより、上記目的を達成できることを知見し、本発明に至った。

即ち、本発明によれば、少なくとも、光伝達部と、光路変更部と、アクチュエータ部とを備える光スイッチであって、光伝達部は、少なくとも光路変更部に対向する面の一部に設けられる、光を全反射する光反射面、及びこの光反射面を起点に、少なくとも3方向に向けて設けられる、光導波体からなる光伝達経路を有してなり、光路変更部は、光伝達部の光反射面に移動可能な状態で近接され、少なくとも光を反射又は散乱する光路変更部材を有して

なり、アクチュエータ部は、外部信号により変位し、この変位を光路変更部に伝達する機構を有してなり、外部信号に応じたアクチュエータ部の変位により、光路変更部を光伝達部の光反射面に接触又は離隔させ、光路変更部が、光伝達部の光反射面から離隔した際に、光伝達経路に入力した光を、光伝達部の光反射面で全反射させて出力側の特定の光伝達経路に伝達し、光路変更部が、光伝達部の光反射面に接触した際に、光伝達経路に入力した光を取り出して、光路変更部で反射又は散乱させて、出力側の1又は2以上の特定の光伝達経路に伝達し、光路の切り替え又は分岐を行うことを特徴とする光スイッチが提供される。

本発明においては、アクチュエータ部が、圧電／電歪層と、この圧電／電歪層の一部に配設される少なくとも1対の電極とからなる圧電／電歪素子と、この圧電／電歪素子の少なくとも一部と接して、圧電／電歪素子を支持し、圧電／電歪層の歪みを屈曲変位又は振動に変換する振動部材と、この振動部材が振動できるように、振動部材の少なくとも一部を固定する固定部材と、光路変更部と圧電／電歪素子との間に必要に応じて配設され、圧電／電歪素子の変位を光路変更部に伝達する変位伝達部材とを有することが好ましい。

この際、振動部材と固定部材とを焼成一体化してセラミックス基体を構成し、かつ振動部材を薄肉構造として、セラミックス基体に、凹部若しくは空所を形成することが好ましい。また、陽極として機能する複数の層が連結してなる陽極層と、陰極として機能する複数の層が連結してなる陰極層とが、セラミックスからなる圧電／電歪層を挟んで交互に積層された積層体からなる、いわゆる積層アクチュエータとすることもできる。

また、本発明においては、光伝達部が、光の屈折率が異なる2以上の層からなることが好ましく、光伝達部の光伝達経路が、光導波路により構成されることがより好ましい。

また、光伝達部は、一の光導波体に、光伝達部の光反射面を起点に少なくとも3方向に光伝達経路が形成されるように、少なくとも2以上の光導波体

を結合して構成することができる。一方、本発明では、光伝達部の複数の光信号入力端部及び／又は光信号出力端部に、それぞれ集光レンズ又はコリメータレンズを配設し、光信号を集光レンズ又はコリメータレンズを介して入出力することが好ましい。

また、本発明においては、光路変更部が、透光性の材質からなる光導入部材を有してなるものが好ましい。また、光路変更部材としては、光を正反射若しくは乱反射する光反射体、又は光を散乱する光散乱体を挙げることができる。本発明においては、光路変更部そのものを光を乱反射する光反射体、又は光散乱体のみで構成させることもできる。また、光を正反射若しくは乱反射する光反射体は、光導入部材の変位伝達部材側の面に一体的に形成した光反射膜であってもよい。

他方、本発明によれば、前述した光スイッチを、複数個備える多チャンネル光スイッチが提供される。

本発明の多チャンネル光スイッチにおける一の実施形態としては、複数の光スイッチの各光伝達経路が、単一の光伝達部で形成されてなる多チャンネル光スイッチを挙げることができ、この多チャンネル光スイッチでは、各光伝達経路の一部が、相互に交差して、経路の一部を共用化する構成とすることができる。

本発明の多チャンネル光スイッチにおける他の実施形態としては、複数の光スイッチが、隣接する光スイッチ間で、一の出力側光伝達経路と、一の入力側光伝達経路とを連結してなり、一の光スイッチにおける入力端部から入力された光を、この一の光スイッチを含む複数の光スイッチの各光路変更部でスイッチングを行うもの；複数の光スイッチが、複数の入力側経路を有する少なくとも一以上の光スイッチと、複数の出力側経路とを有する少なくとも一以上の光スイッチとから構成され、かつ隣接する光スイッチ間で、一の出力側光伝達経路と、一の入力側光伝達経路とを連結してなり、複数の光スイッチの入力端部から入力された光を、複数の光スイッチの光路変更部でスイッチングを行うもの；又は、複数の光スイッチが、隣接する光スイッチ間

で、一の出力側光伝達経路と、一の入力側光伝達経路とを、それぞれ光ファイバーを介して連結してなり、少なくとも一の光スイッチにおける入力端部から入力された光を、複数の光スイッチの光路変更部でスイッチングを行う多チャンネル光スイッチ等を挙げることができる。

本発明においては、このような多チャンネル光スイッチを、更に、複数並列した多チャンネル光スイッチ；又はこのような多チャンネル光スイッチを複数個備えるものであって、各多チャンネル光スイッチにおける各出力端部同一の少なくとも一部を、各多チャンネル光スイッチとは別体として配設される、外部光伝達経路の入力端部を中心に円弧状に位置させて、各多チャンネル光スイッチを配設する多チャンネル光スイッチとすることもできる。

更には、このような多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分岐器又は光結合器を結合して、光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ；このような多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分波器又は光合波器を結合して、該光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ；或いは、このような多チャンネル光スイッチ複数個の各出力端部又は各入力端部と、同様の他の少なくとも一の多チャンネル光スイッチにおける複数の入力端部又は出力端部とを連結してなる多チャンネル光スイッチとすることもできる。

また、本発明の多チャンネル光スイッチにおいては、光路変更部の各々が、各光路変更部間で少なくとも2種以上の光反射角度となる光反射体を有する構成とすることができる。

なお、2001年3月5日出願に係る米国特許出願第09/799,329号の明細書の全記載を参考までにここに引用する。

図面の簡単な説明

図1（イ）（ロ）（ハ）は、本発明の光スイッチの一の実施形態を模式

的に示す説明図であり、図1（イ）は、光路変更部が光伝達部から離隔された状態を示すものであり、図1（ロ）は、光路変更部が光伝達部に接触した状態を示すものであり、図1（ハ）は、光伝達部における、光路変更部に対向する面、及び光路変更部に対向する面を模式的に示すものである。

図2は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である

図3は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である

図4は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である

図5は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である

図6は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である

図7は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す一部拡大図である。

図8は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す一部拡大図である。

図9は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である

図10（イ）（ロ）は、本発明の光スイッチを構成するアクチュエータ部におけるアクチュエータ部材の変形例を模式的に示す説明図であり、図10（イ）は、積層方向であるY方向の変位を利用する圧電／電歪素子の例を示し、図10（ロ）は、積層方向と垂直方向であるX方向の変位を利用する圧電／電歪素子の例を示すものである。

図11は、積層圧電／電歪素子の製造方法の一例を模式的に示す説明図である。

図12は、本発明の多チャンネル光スイッチの一の実施形態を模式的に示

図13は、本発明の多チャンネル光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図15は、本発明の多チャンネル光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図17は、本発明の多チャンネル光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図19は、本発明の多チャンネル光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図 21 は、本発明の多チャンネル光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図 23 (イ) (ロ) は、本発明の光スイッチの他の実施形態を模式的に示す説明図であり、図 23 (イ) は、光路変更部が光伝達部から離隔された状態を示すものであり、図 23 (ロ) は、光路変更部が光伝達部に接触した状態を示すものである。

図 25 は、本発明の多チャンネル光スイッチの他の実施形態を模式的に示

す説明図である。

図26は、本発明の多チャンネル光スイッチの更に他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図27は、本発明の多チャンネル光スイッチの更に他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図28は、本発明の多チャンネル光スイッチの更に他の実施形態を模式的に示す説明図である。

図29は、本発明の多チャンネル光スイッチの更に他の実施形態を模式的に示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

図1(イ)(ロ)(ハ)は、本発明の光スイッチにおける一の実施形態を模式的に示す説明図であり、図1(イ)は、光路変更部が光伝達部から離隔された状態を示すものであり、図1(ロ)は、光路変更部が光伝達部に接触した状態を示すものであり、図1(ハ)は、光伝達部における、光路変更部に対向する面、及び光路変更部に対応する面を模式的に示すものである。また、図23(イ)(ロ)は、本発明の光スイッチにおける他の実施形態について、その作動状態を模式的に示す説明図である。

図1(イ)に示すように、本発明の一の実施形態における光スイッチでは、電圧の印加等の外部信号によりアクチュエータ部11を作動させた状態とすると、アクチュエータ部11の変位により光路変更部8が光伝達部1から離隔され、光伝達部1の光伝達経路2に入力された光21が、屈折率を所定の値に調節してある光伝達部1の光反射面1aにおいて透過することなく全反射し、出力側の一の光伝達経路4に伝達される。

一方、この状態から、逆に、アクチュエータ部11を非作動状態とすると、図1(ロ)に示すように、アクチュエータ部11の変位が元に戻り、光路変更部8の光導入部材9が、光伝達部1に光の波長以下の距離で接触するため、光伝達経路2に入力された光21は、光伝達部1から光導入部材9に取

り出され、光導入部材 9 の中を透過する。光導入部材 9 の中を透過した光 21 は、光路変更部材 10 まで達するが、図に示すように、光を正反射する光反射体（以下、「正反射体」ということがある。）10 d で構成した光路変更部材 10 では、その反射面 10 a で正反射されることにより、光伝達部 1 の光反射面 1 a で反射した光とは異なる出力側の他の光伝達経路 5 に伝達される。一方、図 23（イ）（ロ）に示すように、光を散乱する光散乱体 10 f 又は光を乱反射する光反射体（図示せず。また、以下では「乱反射体」ということがある。）で構成した光路変更部材 10 では、光路変更部材 10 に達した光 21 は、光散乱体 10 f 又は乱反射体により、様々な方向に光路を変更されて外部に放出される結果、出力側の複数の光伝達経路 4、5 に同時に伝達される。

即ち、図 1（イ）（ロ）及び図 23（イ）（ロ）に示すように、本発明の光スイッチでは、光伝達部 1 の光伝達経路 2 に導入された特定の光 21 を、アクチュエータ部 11 への電圧の印加等の外部信号に基づいて、任意に光路を切り替え、又は光路を分岐することで、異なる 1 又は 2 以上の光伝達経路 4、5 へ光を伝達し、光のスイッチングを行うものである。

このように、本発明の光スイッチでは、入力光又は出力光の進行方向を多様化することができるとともに、入力した光 21 毎に光伝達部 1 の光反射面 1 a 又は光路変更部 8 の光反射面 10 a で反射して、その反射光毎に、特定の出力側伝達経路 4、5 に伝達することができるため、特定の光毎に極めて多数の光路を任意に選択することができる。また、用途に応じて、光散乱体 10 f 又は乱反射体を設けた光路変更部 8 とすれば、入力した光 21 の光路を分岐して、複数の伝達経路 4、5 へ同時に伝達可能な光スイッチを実現できる。また、材料固有の物理効果、例えば電気光学効果等による屈折率変化を利用するものではなく、光路変更部 8 を光伝達部 1 に接触又は離隔させるという機械的動作により光伝達経路 4、5 を切り替えるため、クロストーク等の問題を生じることなく、小型化はもちろんのこと、高集積化した多チャンネルスイッチを実現できる。更には、これらスイッチングを行うための光

路変更部 8 の移動距離が、光の波長オーダーで足りるため、高速なスイッチングを行うことができ、しかも、光伝達経路 2、4、5 そのものを移動させる必要がないため、低消費電力でスイッチングを行うことができる。更にまた、基本的に光のスイッチングを全て閉塞空間で行うことができ、大気中を伝播する光をスイッチング制御する必要がないため、スイッチングに関わる信号の減衰を高度に抑制することができる。

以下、本発明の実施の形態を、図面に基づいて各構成部毎に具体的に説明する。

1. 光伝達部

図 1 (イ) (ロ) 及び図 2 3 (イ) (ロ) に示すように、本発明における光伝達部 1 は、少なくとも後述する光路変更部 8 に対向する面 1 d の一部に設けられる、光を反射する光反射面 1 a、及びこの光反射面 1 a を起点に、少なくとも 3 方向に向けて設けられる、光導波体からなる光伝達経路 2、4、5 を有するものである。これにより、前述したように、特定の光毎に極めて多数の光路を任意に選択することができる光スイッチ、或いは入力した光 2 1 の光路を分岐して、複数の伝達経路 4、5 への同時伝達が可能な光スイッチを実現できるとともに、スイッチングに関わる信号の減衰を高度に抑制することができる。

図 1 (イ) (ハ) に示すように、本発明における光伝達部 1 に設けられる光反射面 1 a は、少なくとも後述する光路変更部 8 に対向する面 1 d のうち、光路変更部 8 に対応する部分 1 b の一部を含んで設ける必要がある。但し、光路変更部 8 に対応する部分 1 b の全体を含んでもよく、光路変更部 8 に対応する部分 1 b 以外の面を含んでもよい。もっとも、入力した光を効率よくスイッチングするには、光路変更部 8 に対応する部分 1 b 全体を含んで設けることが好ましい。

また、光伝達部 1 に設けられる光反射面 1 a が、各光伝達経路 2、4、5 の起点となるように、各光伝達経路 2、4、5 の配置を考慮して光伝達部 1

の光路変更部 8 に対向する面 1 d のうち、設計上、光伝達経路 2 に入力した光 2 1 が投射する面を含んで設ける必要がある。もっとも、本発明では、この入力した光 2 1 が投射する面を含んでいれば、光伝達部 1 の光路変更部 8 に対向する面 1 d 全てを光反射面 1 a とする必要はない。

本発明における光伝達部 1 に設けられる光伝達経路 2、4、5 としては、例えば、図 1 (イ) (ロ) (ハ)、図 2 に示すように、単一の光導波体により構成し、この光導波体の一部に、光の入出力方向と略直交する面を有する複数の光信号入力端部 4 3 及び／又は光信号出力端部 4 4 を設けることにより、光伝達部 1 の光反射面 1 a を起点に、実質的に、少なくとも 3 方向に向けて光伝達経路 2、4、5 を形成したものを挙げることができる。

但し、図 3 に示すように、本発明における光伝達部 1 は、光伝達経路 2、4、5 を光導波路 1 c により形成することが好ましい。光伝達経路 2、4、5 を、光導波路 1 c により形成すると、より狭い空間内で光の伝達を行うことができ、遠距離通信の場合に問題となる信号の減衰を高度に低減することができる。

本発明の光スイッチにおいては、光ファイバー 6 等を、光伝達部 1 の複数の光信号入力端部 4 3 及び／又は光信号出力端部 4 4 に接着剤等（図示せず）を用いて結合させて、光ファイバー 6 等と光伝達部 1 との間で、直接、光の入出力を行う構成；又は光伝達部 1 の複数の光信号入力端部 4 3 及び／又は光信号出力端部 4 4 にプリズム（図示せず）を配設し、このプリズムを介して光ファイバー 6 等と光伝達部 1 との間で光の入出力を行う構成とすることもできるが、図 1 (イ) (ロ) (ハ)、図 2 等に示すように、光伝達部 1 の複数の光信号入力端部 4 3 及び／又は光信号出力端部 4 4 に集光レンズ又はコリメータレンズ等のレンズ 7 を配設し、このレンズ 7 を介して光ファイバー等と光伝達部 1 との間で光の入出力を行う構成とすることが、光の発散による入出力ロスを小さくすることができる点で好ましい。特に、図 1 (イ) (ロ) (ハ)、図 2 に示すように、光導波体によって形成される光伝達経路 2、4、5 (3) が厳密に特定方向に制限されていない光スイッチでは、

光伝達部 1 での光の発散によるロスを低減するために、集光レンズ 7 で光を集束して光伝達部 1 との入出力を行う構成が好ましい。

また、図 1 (イ) (ロ) (ハ)、図 2 等を示す光スイッチでは、更に光路長を短くすることにより光伝達経路 2、4、5 (3) での光の発散によるロスを低減するために、図 2 3 に示す光スイッチでは、様々な方向に放出される散乱光 6 5 が、光伝達経路 2、4、5 に伝達され得る確率を増大して光の損失を低減するために、図中 1 で示される厚さを小さくすることが好ましく、具体的には、厚さを 1 mm 以下とすることが好ましく、厚さを 0.5 mm 以下とすることがより好ましい。

また、図 1 (イ) (ロ) 等を示すような正反射光を扱う光スイッチでは、光伝達経路 2、4、5 の方向は、光伝達経路 2、4、5 を構成する光導波体と、外気（通常は空気）との屈折率の関係、及び後述する光路変更部 8 の反射部材 10 における反射角度との関係において適宜決定することができる。同様に、図 2 3 に示すような散乱光 6 5 又は乱反射光（図示せず）を扱う光スイッチでは、前者の光伝達経路 2、4、5 を構成する光導波体と、外気（通常は空気）との屈折率の関係を考慮して適宜決定すればよい。

他方、図 1 (イ) (ロ) 等を示すような正反射光を扱う光スイッチであっても、光伝達経路 2、4、5 が延伸する方向は、前述した特定の屈折率及び反射角度との関係でのみ適切な方向であればよく、例えば、図 4 に示すように、光伝達経路 2 a、2 b、4 a、4 b、5 a、5 b を光導波路で構成する光スイッチでは、一の入力側光伝達経路 2 a と、他の入力側光伝達経路 2 b とのように、光伝達経路を平行とせず延伸することができる。また、出力側光伝達経路 4 a、4 b、5 a、5 b のように、光導波路内で光が全反射する範囲で、伝達経路が延伸する方向を途中で変更し、直線状の光導波路と、非直線状の光導波路との組み合わせにより、各光伝達経路 2 a、2 b、4 a、4 b、5 a、5 b を形成することもできる。

このような光スイッチでは、光伝達経路 2 a、2 b、4 a、4 b、5 a、5 b の形状の自由度が高く、より小型の光スイッチを実現することができる。

また、図 3 に示すように、各光伝達経路 2、4、5 を光導波路により形成することが、複雑な形状の光伝達経路 2、4、5 を容易に作成することができ、かつ光導路同士を容易に結合することができるとともに、前述の光導波体を層構造にしたときの特徴に加えて、層内での光の発散を抑制することができるためロスに非常に少ない光の伝達が可能となる点で特に好ましい。

光導波体としては、例えば、ガラス、石英、透光性プラスチック、透光性セラミックス等からなるもの、異なる屈折率を有する材料の複数層からなる多層体、又は基板の表面に透光性の材質のコーティング層を設けたもの等を挙げることができる。

この際、基板に膜を形成する方法としては、例えば、スパッタリング法、分子線エピタキシー（MBE）等の真空蒸着法、化学気相堆積法（CVD）、液相成長法（LPE）、気相成長法（VPE）、プラスチック質層を形成する際に用いる熱重合法等を挙げることができる。また、不純物等を拡散さ

2. 光路變更部

これにより、任意に、光路変更部 8 を光伝達部 1 に接触させた際に、光伝達経路 2 の光 2 1 を取り出して、光路変更部材 1 0 で反射（正反射若しくは乱反射）又は散乱させ、光伝達部 1 の光反射面 1 a で反射して一の光伝達経路 4 に伝達する光路とは異なる光路に切り替える、又は複数の光伝達経路 4、5 に分岐することができる。

ここで、光伝達部１に「近接」とは、アクチュエータ部１１が非作動状態又は作動状態で、光路変更部８が光伝達部１の光反射面１ａから入力光

本発明では、例えば、図１（イ）に示すように、光路変更部８を、アクチュエータ部１１が作動している状態では、光伝達部１の光反射面１ａから入力光２１の波長より長い距離で位置し、図１（ロ）に示すように、アクチュエータ部１１が非作動状態では、光伝達部１の光反射面１ａから入力光２１の波長以下の距離で位置するように配設することができる。また、図５に示すように、逆に、光路変更部８を、アクチュエータ部１１が作動状態では、光伝達部１から入力光２１の波長以下の距離で位置し、非作動状態では、光路変更部８が光伝達部１から入力光２１の波長より長い距離に位置するように配設してもよい。尚、これらの違いは、圧電／電歪素子の構造、及びその駆動方法に従うものである。

本発明における光路変更部 8 としては、その目的に応じて、図 1 (イ) (ロ) 等を示す正反射体 10 d、又は図 23 (イ) (ロ) 等を示す光散乱体 10 f 若しくは乱反射体 (図示せず) を設ければよい。より具体的には、特定の光路を他の特定の光路へ切り替えることを目的とする場合には、図 1 (イ) (ロ) 等のように、光路変更部 8 に正反射体 10 d を設けた光スイッチとすればよく、光路を他の複数の光路に分岐することを目的とする場合には、図 23 (イ) (ロ) 等のように、光路変更部 8 に光散乱体 10 f 又は乱反射体 (図示せず) を設けた光スイッチとすればよい。

本発明において、光路変更部 8 に正反射体 10 d を設けた光スイッチにあっては、当該正反射体 10 d が、全反射するものであることが好ましい。

また、正反射体 10 d の反射角度は、用途に応じたスイッチの構成にあわせ適宜決定すればよく、例えば、図 1 (イ) (ロ) (ハ) に示すように、所定の角度を設けた斜面で反射させるものの他、図 9 に示すように、板状の光路変更部材 10 を角度 0° のフラットの状態で配設するものを挙げることができる。尚、図 9 中、破線で示された光路は、光路変更部 9 が光伝達部 8 に

接触した際の光路を示している。

また、正反射体 10 d における反射角度は、図 1 (イ) (ロ) (ハ) に示すように、光伝達経路 2 に入力した光 2 1 を、一の出力側の光伝達経路 4 に伝達していた光路から、光路変更部 8 の正反射体 10 d で反射して、他の出力側の光伝達経路 5 へ伝達する光路に切り替える反射角度としてもよく、図 2 に示すように、一の入力側の光伝達経路 2 に入力した光 (図示せず) を、出力側の光伝達経路 4 に伝達していた光路から、他の入力側の光伝達経路 3 に入力した光 2 1 を、同じ出力側の光伝達経路 4 に伝達する光路に切り替える反射角度としてもよい。尚、正反射が全反射である場合には、この反射角度は全反射の条件を満たすものとなる。

本発明における正反射体 10 d としては、例えば、光反射性の材質からなる板状の正反射体を、所望の傾斜を設けて配設したもの、所望の傾斜を設けた光反射性の材質からなる三角柱、四角柱等の正反射体を配設したもの等を挙げることができる。また、図 7 に示すように、後述する電極 16 の表面を光反射性にして電極 16 に正反射体 10 d としての機能を兼備させたものを挙げることができ、更には、図 5 に示すように、三角柱、四角柱等の基体 10 c に、光反射膜 10 b を形成したもの、図 6 に示すように、三角柱、四角柱等の光導入部材 9 の変位伝達部材 12 側の面に一体的に形成された光反射膜 10 b 等を挙げることができる。

中でも、光反射部材の反射角度を正確に設定できる点で、図 5 に示すような三角柱、四角柱等の基体 10 c に、光反射膜 10 b を形成したもの、又は、所望の傾斜を設けた光反射性の材質からなる三角柱、四角柱等の光反射体が好ましい。

また、構成部品の削減を図れ、安価に製造することができる点ととも、光路変更部 8 と光伝達部 1 との接触精度を向上させることができる点で、図 6 に示すように、三角柱、四角柱等の光導入部材 9 における変位伝達部材 12 側の面に一体的に形成された光反射膜 10 b とし、変位伝達部材 12 を、柔軟な材質とすることが好ましい。

尚、図6に示す光スイッチにおいて、光導入部材9の変位伝達部材12側の面に光反射膜10bを形成するのは、変位伝達部材12に形成したのでは、変位伝達部材12の特質上、反射角度の精度を維持することができないためである。従って、このような光スイッチでは、光導入部材9は、光反射部材の角度がアクチュエータ部11の作動により変化しない程度の硬度を有することが好ましい。

本発明における正反射体の材料としては、光の反射効率が低いものが好ましく、例えば、金属単体、合金、ガラス、セラミックス、ゴム、有機樹脂等を1種単独で若しくは2種以上を組合わせたものを挙げることができ、金属単体及び合金を構成する成分としては、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銀、銅、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、鉛等を挙げるができる。

また、これらの材料を2種以上組合わせて用いる場合には、これらの材料を2種以上均一に含有させてもよいが、それぞれ異なる1種の材料からなる層を、複数積層させるものであってもよい。また、光路変更部材10全体がこれらの材料からなるものでもよく、図6に示すように、表面に光反射膜10bが形成されているものでもよい。

光反射膜10bを形成する方法としては、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、メッキ法、イオンプレーティング法、イオンビーム法、又はCVD法等の薄膜形成方法を挙げるができる。

他方、本発明において、図23に示すような光路変更部8に光散乱体10f又は乱反射体（図示せず）を設けた光スイッチにあっては、基本的にその表面の角度は問題とならず、各光伝達経路2, 3, 4との位置関係から、散乱光6b又は乱反射光の損失が少ない位置に、光散乱体10f又は乱反射体を設ければよい。

また、本発明における乱反射体としては、前述した正反射体と基本的に同様の構造のもので、反射面を粗面化したものを挙げるができる。粗面化は、伝達する光の波長を考慮して適宜好適な範囲とすればよく、粗面化の方

法としても通常の方法を適用すればよい。

また、本発明における光散乱体10dとしては、例えば、エポキシ系、アクリル系、シリコーン系等の透光性樹脂に、例えば、ジルコニア、若しくはチタニア等のセラミック粉末、酸化鉛等の金属酸化物粉末、又はそれらの混合粉末等を分散させたものが、発光効率、平坦性維持の点で望ましい。

また、この際的光散乱体10dとしては、透光性樹脂100質量部に対して、セラミック粉末、金属酸化物粉末、又はそれらの混合粉末を10～100質量部混合したものが好ましい。

また、光路変更部全体を光散乱体10fで構成する場合には、更に当該組成に平均粒径0.5～10 μ mのガラス粉末を、セラミック粉末100質量部に対して10～100質量部混合したものが好ましい。このような組成物からなる光散乱体10dとすると、光伝達部との接触性、離隔性を向上することができる。

次に、光導入部材9について説明する。

本発明においては、必ずしも光導入部材9を設ける必要はなく、例えば、図23(イ)(ロ)に示すような光路変更部8に光散乱体10f又は乱反射体(図示せず)を設けた光スイッチにあっては、光路変更部8を光散乱体10f又は乱反射体のみからなるものとし、この光散乱体10f又は乱反射体を直接光伝達部に接触させる構成とすることもできる。

但し、図1(イ)(ロ)に示すような光路変更部8に正反射体10dを設けた光スイッチにあっては、光導入機能と光路変更機能を分化することで、光路変更部8と光伝達部1との接触性を最適化することができる点で、正反射体10d上に、透光性の材質からなる光導入部材9を設けることが好ましい。

また、図24に示すように、光路変更部8に光散乱体10f又は乱反射体(図示せず)を設けた光スイッチであっても、正反射体を設けた光スイッチと同様の点で、光散乱体10f又は乱反射体上に、透光性の材質からなる光導入部材9を有するものが好ましい。

なお、図24に示すように、光路変更部8に光散乱体10f又は乱反射体（図示せず）を設けた光スイッチでは、光伝達経路3から、光伝達部1の反射面1aに対して略垂直に光を入力した場合には、光路変更部を光伝達部に接触させた際に、入力された光21が、光伝達経路3を挟んで左右に分岐する光伝達経路29、4へ同時に伝達される。

光導入部材9の材質としては、光路変更部8が、光伝達部1に接触した際に、光伝達部1から光が取り出せ、かつ光伝達部1の光伝達経路4、5に戻せるように、光伝達部1との屈折率の差が、光伝達部1と外気（通常は空気）との屈折率の差より小さな透光性のものが好ましく、光伝達部1と同程度の光の屈折率を有する透光性のものがより好ましい。また、このような材質とする材料としては、例えば、ガラス、石英、透光性プラスチック、透光性樹脂、透光性セラミックス等を挙げることができる。

但し、本発明では、光路変更部材10又は光導入部材9と、光伝達部1との間に、透光性の液体を介在させ、この透光性の液体により光導入部材9の全部又は一部を構成させることもできる。この場合、透光性の液体は、光路変更部材10又は光導入部材9と、光伝達部1との隙間を効果的に減ずることができるため、光路変更の制御を容易にすることができる。

透光性の液体としては、例えば、低蒸気圧の有機溶剤、油などを挙げることができ、この液体の屈折率と光伝達部1の屈折率との差、及びこの液体の屈折率と光導入部材9の屈折率との差を考慮して選択すればよい。

流動性を有する透光性の液体を光路変更部の上に保持させる方法としては、例えば、光路変更部8の上側外周部に、透光性の液体を保持する上で適当な高さの壁を設ける等の周知の技術を適用することができるが、光導入部材9に凹凸部又は多孔部を形成し、これに透光性の液体を含浸させて毛細管現象により透光性の液体を保持させる方法が好ましい。また、透光性の液体として揮発性の液体を用いる場合は、蒸発を防止するために、光路変更部8を光伝達部1との間で気密に封止する構造を採用することが好ましい。

他方、本発明における光導入部材9では、光導入部材9と光伝達部1の光

て設けられる変位伝達部材 1 2 と、圧電／電歪素子 1 4 と、振動部材 1 8 と、固定部材 1 9 とを有するものが好ましい。以下、このタイプのアクチュエータ部 1 1 について各構成部材毎に詳細に説明する。

(1) 変位伝達部材

本発明における変位伝達部材 1 2 は、光路変更部 8 と圧電／電歪素子 1 4 との間に、必要に応じて配設されるものであり、圧電／電歪素子 1 4 の変位を光路変更部 8 に伝達し、この光路変更部 8 と光伝達部 1 との接触面積を所定の大きさにする目的で配設されるものである。特に、図 1、5 等を示す屈曲変位を発生させるタイプの圧電／電歪素子 1 4 を用いる場合には、圧電／電歪素子 1 4 内に分布している変位の大きさを平均化させ、光路変更部 8 の全面を均等に光伝達部 1 に接触又は離隔させる上で極めて効果的である。

変位伝達部材 1 2 としては、効果的に、圧電／電歪素子 1 4 の変位を光路変更部 8 に伝達することができるように、これら両者 8、1 4 と広い面積で接触できる構造が好ましい。

また、変位伝達部材 1 2 の材質としては、後述する圧電／電歪素子 1 4 の変位を、直接、光路変更部 8 に伝達することができる硬度を有するものが好ましく、このような材質の材料としては、例えば、ゴム、有機樹脂、有機接着フィルム、ガラス等を挙げることができる。中でも、エポキシ系、アクリル系、シリコーン系、ポリオレフィン系等の有機物質からなる有機樹脂、又は有機接着フィルムが好ましく、これら有機物質にガラス、セラミックス等からなるフィラーを混合して硬化収縮を抑制した有機樹脂、又は有機接着フィルムがより好ましい。

変位伝達部材 1 2 は、通常、後述する圧電／電歪素子 1 4 に積層することにより配設されるが、その積層方法としては、例えば、接着剤を用いて積層する方法；前述した変位伝達部材の材料を溶液、ペースト又はスラリーとして、圧電／電歪素子 1 4 にコーティングする方法；加熱により有機接着フィルムを接着する方法等を挙げることができるが、別途、接着剤が不要な点で、加熱により有機接着フィルムを接着する方法が好ましい。尚、圧電／電歪

素子14の変位を効率良く利用するには、概ね圧電／電歪素子14の形状と同一になるように変位伝達部材12の層を切断するか、あるいは切り欠きを設けることが好ましい。

また、光路変更部に正反射体を設けて光伝達経路を切り替える光スイッチでは、変位伝達部材12には、光路変更部材10の反射角度を所定の角度に維持する点から、図8に示すように、変位伝達部材12の上に、更に、板部材13を配設することが好ましい。

板部材13の材料としては、板部材13の平坦性を維持するため、エポキシ系、アクリル系、シリコーン系等の有機樹脂に、アルミナ、ジルコニア、チタニア、ガラス又はこれら2種以上の混合物粉末等を分散させたものが好ましい。また、この際分散させる粉末の量は、有機樹脂100質量部に対して、10～100質量部含有させることが好ましい。

他方、変位伝達部材12は、必ずしも必要ではなく、図7に示すように、圧電／電歪素子14と光路変更部8との間に変位伝達部材を設けずに、圧電／電歪素子14の変位を、直接、光導入部材9に伝達するものであってもよい。

(2) 圧電／電歪素子

本発明における圧電／電歪素子14は、圧電／電歪層15と、この圧電／電歪層15の少なくとも一部に配設される少なくとも1対の電極16、17とから構成されるものである。ここで、「圧電／電歪」とは、圧電及び／又は電歪の意味である。

圧電／電歪素子14は、電極16、17へ電圧を印加することにより変位を発生するものであるが、圧電／電歪素子14の変位を、そのまま光伝達部1方向への変位、振動として、光路変更部8に伝達できる点で、圧電／電歪層15の厚さ方向に変位が発現するものが好ましい。

また、圧電／電歪素子14は、一層の圧電／電歪層15を有する構造、又は二層、三層等の多層の圧電／電歪層15を有する構造とすることができる。また、多層の圧電／電歪層15を有する構造とする場合には、通常、各圧

圧電／電歪層 15 の材料としては、圧電セラミックスが好ましいが、電歪セラミックス、強誘電体セラミックス、又は反強誘電体セラミックス等であってもよく、分極処理が必要な材料であっても必要がない材料であってもよい。また、セラミックスに限定されず、P V D F（ポリフッ化ビニリデン）等の高分子からなる圧電体、又はこれら高分子とセラミックスの複合体であってもよい。

これらのセラミックスは、圧電／電歪体を構成するセラミックス成分中に50重量%以上を占める主成分であることが好ましい。特に、高い電気機械結合係数と圧電定数を有し、焼成工程を経ても安定した材料組成のものが得られ易い点において、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT系）を主成分とする材料、マグネシウムニオブ酸鉛（PMN系）を主成分とする材料、ニッケルニオブ酸鉛（PNN系）を主成分とする材料、ジルコン酸鉛とチタン酸鉛とマグネシウムニオブ酸鉛の混合物若しくは固溶体を主成分とする材料、ジルコン酸鉛とチタン酸鉛とニッケルニオブ酸鉛の混合物若しくは固溶体を主成分とする材料、又はチタン酸ナトリウムドスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。

本発明においては更に、上記材料に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タンダステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マ

ンガン、セリウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、又はスズ等の酸化物等を、単独で又は混合したセラミックスを用いてもよい。例えば、主成分であるジルコン酸鉛とチタン酸鉛とマグネシウムニオブ酸鉛の混合物にランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整可能となる場合がある。

反強誘電体セラミックスとしては、ジルコン酸鉛を主成分とするセラミックス、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛の混合物若しくは固溶体からなる成分を主成分とするセラミックス、ジルコン酸鉛を主成分とし酸化フッ素を添加したセラミックス、又はジルコン酸鉛とスズ酸鉛の混合物若しくは固溶体を主成分とし、ニオブ酸鉛を添加したセラミックス等が挙げられる。

圧電／電歪層 15 の厚さは、 $5 \sim 100 \mu\text{m}$ が好ましく、 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $5 \sim 30 \mu\text{m}$ が特に好ましい。また、圧電／電歪層 15 は、緻密なものであっても、多孔質のものであってもよいが、多孔質のときは、気孔率が 10 % 以下であることが好ましい。

電極 16、17 としては、図 1、8 等に示すように、前述した圧電／電歪層 15 の光路変更部 8 側の面の少なくとも一部に第一の電極 16 が形成され、圧電／電歪層 15 の基体 20 側の面の少なくとも一部に第二の電極 17 が形成されているもの；図 9 に示すように、圧電／電歪層 15 の光路変更部 8 側又は基体 20 側のいずれかの面又は両方の面（図 9 では、光路変更部 8 側の面に形成した光スイッチを示す。）に第一、第二の電極 16、17 の両方が櫛形状に形成されているもの等を挙げることができる。

電極 16、17 の材料としては、一般には、室温で固体であって、導電性の金属が採用され、例えば、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、又は鉛等の金属単体又はこれら 2 種以上からなる合金を、1 種単独で又は 2 種以上を組合わせたものを用いることが好ましい。

また、これら形成された膜の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜定められるが、一般には、 $500^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$ であり、特に、圧電／電歪層15に対しては、 $1000^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$ が好ましい。また、圧電／電歪層15を所望の組成とするためには、圧電／電歪層の構成成分の蒸気圧を、一定範囲で制御する蒸発源の存在下で焼成することが好ましい。

また、作成される圧電／電歪層15、第一の電極16及び第二の電極17の形状は、用途に応じて如何なる形状を採用してもよく、例えば、三角形、四角形等の多角形、円、楕円、円環等の曲線形状、櫛形状、格子状又はこれらを組合わせた特殊形状等を挙げることができる。

また、基体20上に形成された圧電／電歪層15、第一の電極16及び第二の電極17は、前述したように、各層17、15、16の形成の都度、熱処理して、基体20と一体構造となるようにしてもよく、又は、全ての層17、15、16を形成した後に、これらの層17、15、16を同時に熱処理して、基体20に一体化させてもよい。もっとも、薄膜法により第一の電極16又は第二の電極17を形成する場合には、これらの電極を一体化するために必ずしも熱処理を必要とするものではない。

次に、本発明の圧電／電歪素子14の変形例として、いわゆる積層圧電／電歪素子について説明する。

図10（イ）（ロ）に示すように、この圧電／電歪素子34は、陽極として機能する複数の層が連結している形態の陽極層22と、陰極として機能する複数の層が連結している形態の陰極層23とが、圧電／電歪層24を挟んで交互に積層されたものである。

この圧電／電歪素子34は、一般に、積層方向であるY方向と、積層方向と垂直方向であるX方向の変位が利用可能である。但し、図10（イ）に示すように、積層方向であるY方向の変位を主に利用する場合には、圧電／電歪素子34は、積層方向と垂直方向であるX方向より、積層方向であるY方向が長い形状とすることが好ましい。変位方向Zが、積層方向であるY方向の場合には、変位量は、各圧電／電歪層24の厚み方向での変位量の合計と

なるからである。

一方、図10（ロ）に示すように、積層方向と垂直方向であるX方向の変位を主に利用する場合には、圧電／電歪素子34は、積層方向であるY方向より、積層方向と垂直方向であるX方向が長い形状とすることが好ましい。変位方向ZがX方向の場合には、変位量は、各圧電体層21のX方向の長さに比例した変位量となるからである。

また、変位方向Zと異なる方向、即ち、図10（イ）に示す圧電／電歪素子34ではX方向、図10（ロ）に示す圧電／電歪素子34ではY方向の寸法が大きいと、その方向の歪の応力が大きくなり、主変位（変位方向Zへの変位）の発現に影響を与えることにもなる。

このような積層圧電／電歪素子34の製造方法としては、例えば、以下のような方法を挙げることができる。

図11に示すように、まず、前述したプレス成形法又はスラリー原料を用いたテープ成形法等によって、圧電／電歪層の前駆体25を成形し、得られた圧電／電歪層の前駆体25に、スクリーン印刷法等の膜形成法により、それぞれ所定パターンの電極層の前駆体27、28が形成された複合前駆体255、256をそれぞれ作製する。

次いで、これら複合前駆体255、256を交互に積層、圧着し、所定数の各層を有する積層体26を得、この積層体26を焼成する。

その後、得られた積層体26の焼成体に対し切断加工を行い、各電極層22、23を、それぞれ積層方向と平行に位置し、相互に対向する二面のいずれか一方にのみ露出させる。

次いで、各電極層22、23がそれぞれ露出する各面に、前述したスクリーン印刷法等の膜形成法により、連結層22a、23aをそれぞれ形成後、焼成して、各電極層22、23を、陽極として機能する電極層22毎、及び陰極として機能する電極層23毎でそれぞれ連結することにより、積層圧電／電歪素子34を作成することができる。

このようにして得られた積層圧電／電歪素子34は、更に、一定間隔で、

共通の固定部材 19 となる部分を残すようにして、積層方向に切削することが好ましい。これにより、同一の固定部材 19 上に複数の積層圧電／電歪素子 34 を容易に作成することができる。また、このような積層圧電／電歪素子 34 では、固定部材 19 を共用化できるとともに、振動部材 18 を必ずしも必要としないため、スイッチ部品点数の削減を図ることができる。

尚、このような方法で複数の積層圧電／電歪素子 34 を形成する場合には、連結層 22a、23a の少なくとも一方は、各素子毎に分離して形成することが好ましい。

このような積層圧電／電歪素子 34 においても、積層体 26 の形成は、プレス成形法、テープ成形法等に代え、スクリーン印刷法により行ってもよい。

また、圧電／電歪素子 34 の一部を構成する電極層 22、23 は、圧電／電歪層 24 の焼成と同時に又は同程度の温度で熱処理された場合の高温酸化雰囲気、特に耐性を有する金属であることが好ましく、これら電極層 22、23 を露出させる切断工程は、焼成前の積層体 26 に対して行ってもよい。

更に、積層体の 26 の焼成後に形成される連結層 22a、23a は、電極層 22、23 と異なる材料で形成してもよい。以上の事項以外については、通常の圧電／電歪素子で述べたところと同様であり、ここではその説明を省略する。

(3) 振動部材、固定部材

本発明における振動部材 18 は、圧電／電歪素子 14 の少なくとも一部に接して圧電／電歪素子 14 を支持し、圧電／電歪層の歪みを屈曲変位又は振動に変換するものである。

振動部材 18 は、光伝達部 1 の方向に振動し易い形状という点で、板形状であることが好ましく、この場合、振動部材 18 の厚さは、前述した圧電／電歪層 15 の厚さと同じ次元であることが好ましい。これにより、圧電／電歪層 15 の焼成収縮に対して、振動部材 18 が追従し易くなるため、圧電／

電歪層 15 又は電極層 16、17 と、振動部材 18 との界面で応力が減少し、容易に一体化することができる。

具体的には、1~100 μm の厚さであることが好ましく、3~50 μm の厚さであることがより好ましく、5~20 μm の厚さであることが特に好ましい。また、圧電／電歪層 15 との厚さの比（振動部材：圧電／電歪層）が、1：0.5~1：1.0 であることが好ましく、1：1~1：5 であることがより好ましい。

振動部材 18 は、経時的な変質、及び耐熱性、耐候性を考慮して、圧電／電歪素子 14 を、無機系又は有機系の接着剤等の材料を介することなく、直接支持することが好ましい。

振動部材 18 を構成する材料としては、圧電／電歪層 15 の形成時等に振動部材 18 が変質しないように、高耐熱性材料であることが好ましい。また、振動部材 18 に直接支持される圧電／電歪素子 14 の電極 16、17 及びこれらに接続されるリード、リード端子等を振動部材 18 の表面に形成する際に、電極 16、17 等の電氣的な分離を確保するために、電気絶縁材料からなることが好ましい。

具体的には、高耐熱性の金属又はその金属表面をガラス等のセラミックスで被覆した琺瑯等からなるもの、セラミックスからなるもの等が採用でき、中でも、セラミックスからなるものが好ましい。

振動部材 18 を構成するセラミックスとしては、例えば、安定化酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素、ガラス等を挙げることができ、中でも、安定化された酸化ジルコニウムが、機械強度が高いこと、物性が高いこと、圧電／電歪層及び電極と化学反応性が小さいこと等の点で好ましく、更に、0.1~5 重量％の酸化アルミニウムを含有することがより好ましい。

ここで、安定化酸化ジルコニウムとは、安定化酸化ジルコニウム及び部分安定化酸化ジルコニウムを包含するものであり、立方晶等の結晶構造をとるので相転移を起こさない点で、1000℃前後で、単斜晶と正方晶とで相転

移し、この相転移のときクラックが発生する場合がある酸化ジルコニウムと区別される。

安定化酸化ジルコニウムとしては、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、酸化イットリウム、酸化スカンジウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム又は希土類金属の酸化物等の安定化剤を、1～30モル%含有するものを挙げるができるが、振動部材の機械強度を高めるためには、酸化イットリウムを1.5～6モル%含有するものが好ましく、2～4モル%含有するものがより好ましい。

また、振動部材18を構成するセラミックスの結晶相は、立方晶+単斜晶の混合相、正方晶+単斜晶の混合相、又は立方晶+正方晶+単斜晶の混合相等であってもよいが、中でも、主たる結晶相が、正方晶、又は正方晶+立方晶の混合相としたものが、強度、靱性、耐久性の点で好ましい。

振動部材18がセラミックスからなるときには、多数の結晶粒が振動部材18を構成するが、この結晶粒の平均粒径は、振動部材18の機械強度を高めるため、0.05～2 μ mが好ましく、0.1～1 μ mがより好ましい。

次に、固定部材19について説明する。本発明における固定部材19は、振動部材18が振動できるように、振動部材18の少なくとも一部を固定するものである。

固定部材19は、セラミックスからなることが好ましいが、振動部材18の材料と同一のセラミックスでも、異なるセラミックスでもよい。

具体的には、例えば、安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、ムライト、スピネル、窒化アルミニウム、窒化珪素、又はガラス等のセラミックスが好ましく、中でも、酸化ジルコニウムを主成分とするセラミックス、酸化アルミニウムを主成分とするセラミックス、又はこれらの混合物を主成分とするセラミックスがより好ましい。

尚、振動部材18又は固定部材19をセラミックスにより構成する際には、焼成助剤として、いわゆる粘土等を加えることがあるが、圧電/電歪素子

14を焼成により、直接、振動部材18上に形成する場合には、そのセラミックス中に酸化珪素、酸化硼素等のガラス化し易い成分が過剰に含まれないように調整することが好ましい。ガラス化し易い成分を過剰に含むと、圧電／電歪素子14と接合する上では有利であるが、焼成中の振動部材18と圧電／電歪層との反応を促進して所定の圧電／電歪層の組成を維持することが困難となるため、素子特性を低下させる原因となることがある。具体的には、基体中の酸化珪素、酸化硼素等のガラス化し易い物質の含有率が、3重量%以下となるように調整することが好ましく、1重量%以下となるように調整することがより好ましい。

振動部材18及び固定部材19は、一体となってセラミックスからなる基体20を構成していることが好ましく、更に、振動部材18を薄肉構造として図1等に示す凹部20a又は図2等に示す空所20b（以下、説明の都合上「凹部20a等」ということがある。）を形成することが好ましい。但し、振動部材18と固定部材19とは、必ずしも一体となって構成される必要はなく、例えば、ステンレス鋼、鉄等の金属からなる固定部材19が、セラミックスである振動部材18を固定するものであってもよい。この場合、振動部材18の表面をメタライズし、得られるメタライズ層を金属である固定部材19にろうづけして接続する方法等を用いることができる。

また、図10に示すように、基体として振動部材を有さないような光スイッチでは、基体を、圧電／電歪層と成分が同等なもので構成することが好ましく、成分及び組成ともに同一な材料であることがより好ましい。このような材料で基体を構成すれば、熱処理又は焼成により圧電／電歪層と一体化が容易となる。

基体20に形成される凹部20a等の形状については特に制限はなく、例えば、円形、楕円形、若しくは、正方形、長方形等の多角形、又は、これらの形状を組合わせた複合形状であってもよい。但し、多角形の形状のとき、コーナーが丸みを帯びるように縁どりされていることが好ましい。

また、凹部20a等として構成される場合のその厚み（高さ）は特に制限

される物ではなく、厚くてもよく薄くてもよい。通常は空所の利用目的に応じてその厚みを決めることになるが、アクチュエータ部が機能する上で必要以上の厚みを有さず、薄いことが好ましい。特に空所として構成する場合には、利用するアクチュエータ部の変位の大きさ程度であることが好ましい。このような構成とすることにより、振動部材の撓みが、その撓み方向に近接する空所底部により制限され、意図しない外力の印加に対して、その振動部材の破壊を防止するという効果が得られる。また、撓みの制限効果を利用して、アクチュエータ部の変位を特定値に安定させることも可能である。更に、アクチュエータ部自体の厚みが低減し、曲げ剛性を小さくすることができるので、光伝達部へアクチュエータ部を接着・固定するにあたって、自分自身の反り等が効果的に矯正され、接着・固定の信頼性を向上することができる。加えて製造にあたっての原材料使用量を低減することができ、製造コストの観点からも有利な構造であるとともにアクチュエータ部の軽量化をはかる上でも有利な構造である。

具体的な空所20bの厚みとしては、3～50 μm の厚みとすることが好ましく、中でも3～20 μm とすることが好ましい。

また、固定部材19は、振動部材18の外周を囲むように配設されていることが好ましいが、振動部材18を、その全周に亘って保持している必要はなく、図7に示すように、振動部材18の少なくとも一部を保持するように配設されていればよい。

振動部材18と固定部材19とを焼成一体化して基体20を構成する方法としては、グリーンシート又はグリーンテープである成形層を、熱圧着等で積層した後、焼成する方法等を挙げることができる。

振動部材18を薄肉構造として凹部20a等を形成する方法としては、例えば、2枚のグリーンシート又はグリーンテープを積層する際に、第二層に、凹部20a等となる所定形状の貫通孔を積層前に予め設けておく方法；成形型を用いる加圧成形、鋳込み成形、出力成形等によって得た成形体に、切

削研削加工、レーザー加工、プレス加工による打ち抜き等の機械加工により、凹部20a等を設ける方法等を挙げることができる。

また、本発明の光スイッチにおいては、図12に示すように、基体20に、隙間形成部材45を配設して、光伝達部1と光路変更部8との距離を保ちながら、光伝達部1と基体20とを固定することが好ましい。この際、図12に示すように、隙間形成部材45は、圧電／電歪素子14を配設する領域を除く基体20の全面に形成してもよいが、光伝達部1と光路変更部8との距離を均一にすることができる点で、パターン化して形成することが好ましい。

尚、本発明における光スイッチは、以上のようなアクチュエータ部11の個の変位により、一個の光路変更部8を、光伝達部1と接触又は離隔させるものでもよいが、複数のアクチュエータ部11の変位により、一個の光路変更部8を、光伝達部1と接触又は離隔させるものであってもよい。

4. 多チャンネル光スイッチ

本発明における多チャンネル光スイッチは、前述した光スイッチ、即ち、少なくとも、光伝達部と、光路変更部と、アクチュエータ部とを有する光スイッチを複数個備える多チャンネル光スイッチであって、光伝達部は、少なくとも該光路変更部に対向する面の一部に設けられる、光を全反射する光反射面、及びこの光反射面を起点に、少なくとも3方向に向けて設けられる、光導波体からなる光伝達経路を有してなり、光路変更部は、光伝達部の光反射面に移動可能な状態で近接され、少なくとも光を反射又は散乱する光路変更部材を有してなり、アクチュエータ部は、外部信号により変位し、変位を光路変更部に伝達する機構を有してなり、外部信号に応じたアクチュエータ部の変位により、該光路変更部を該光伝達部の該光反射面に接触又は離隔させ、光路変更部が、光伝達部の光反射面から離隔した際に、光伝達経路に入力した光を、光伝達部の光反射面で全反射させて出力側の特定の光伝達経路に伝達し、光路変更部が、光伝達部の該光反射面に接触した際に、光伝達経

路に入力した光を取り出して、光路変更部で反射又は散乱させて、出力側の 1 又は 2 以上の特定の光伝達経路に伝達し、光路の切り替え又は分岐を行う光スイッチを複数個備えるものである。

本発明における多チャンネル光スイッチの各構成要素については、既に光スイッチのところで述べたものと同様である。従って、ここでは、各構成要素についての説明は省略し、多チャンネル化するための具体的な態様を示すこととする。

尚、本明細書中「多チャンネル」とは、前述した光伝達部の光反射面と光路変更部の光反射部材とにより光路の切り替え、又は分岐を行って光のスイッチングを行う箇所を複数有するという意味であり、ここでいう「多チャンネル光スイッチ」は、前述した各構成要素を、各光スイッチ間で共用化したものも含まれる。

本発明における一の実施形態としては、図 12 に示すように、例えば、図 1～3 に示すような光スイッチを、複数並列に配設して、一の入力側光伝達経路 2 に入力された光を、任意に光路を切り替えて、二以上の出力側光伝達経路 4、5 へ伝達する光のスイッチング、又は二以上の入力側光伝達経路 2、3 に入力された各々の光を、それぞれ任意に光路を切り替えて、一の出力側光伝達経路 4 へ伝達する光のスイッチングを行う多チャンネル光スイッチを挙げることができる。このような多チャンネル光スイッチでは、簡単な構造で、容易に多チャンネル化することができるという利点がある。

尚、入力側、出力側というのは単に光の進行方向に対して区別されるものであるので、同じ構成でも、進行方向を逆転することにより、入出力の呼び方も変わることになる。

本発明における他の実施形態としては、図 13 に示すように、複数の光スイッチにおける各光伝達経路 2 a～2 c、4 a～4 c、5 a～5 c を、単一の光伝達部 1 に形成してなる多チャンネル光スイッチを挙げることができる。このような多チャンネル光スイッチでは、光伝達経路 2 a～2 c、4 a～4 c、5 a～5 c を互いに近接して配置することができる点で、各光伝達経

チャンネル光スイッチを挙げることができる。

この多チャンネル光スイッチによれば、図15に示す多チャンネル光スイッチと同様に、光伝達部全体を、同一材料の光導波体（光導波路を除く）により一体的に構成することができるため、設計が容易であるとともに、光ファイバーを介在させて光伝達を行うため、図15に示す多チャンネル光スイッチに比べ、光の発散を抑制することができるという利点を有する。

尚、この多チャンネル光スイッチでは、各光スイッチ51の光伝達部1を一体にして形成することが設計を容易にする点では好ましいが、各光スイッチ51の光伝達部1をそれぞれ独立して形成したものであってもよい。

更に、本発明における他の実施形態としては、図17に示すように、前述した図14～16に示す多チャンネル光スイッチ複数個を並列に配設した多チャンネル光スイッチを挙げることができる。

この多チャンネル光スイッチによれば、容易に複数の光信号入力端部及び／又は光信号出力端部を設けることができるため、大規模な多チャンネル化光スイッチを容易に製造することができるとともに、構造がシンプルなため、小型化も容易であるという利点を有する。

更に、本発明における他の実施形態としては、図18、25に示すように、前述した図14～16に示す多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の出力端部44a、44b、44cに、光結合器36a、36b、36cを結合して、光伝達経路（図示せず）の少なくとも一部を集束した多チャンネル光スイッチを挙げることができる。このような多チャンネル光スイッチでは、出力端部44a、44b、44cを共有化することができるため、任意の入力光信号を選択して、任意の信号経路へ光を切り替えられる利点を有する。

また、本発明においては、このような出力端部44a、44b、44c等へ光結合器36a～36cを結合する構成に代え、入力端部43に光分岐器（図示せず。また、入力端部43に接続すれば、36a等と同構成のものが光分岐器となる。）を結合する構成とすることもでき、このような構成によ

り、同じ光信号を、任意の出力先に分岐伝達する光スイッチとすることができる。また、光結合器 36a～36c 又は光分岐器としては、図 18 に示すように、一のポイントで光伝達経路を集束するもの、図 25 に示すように、基幹となる光伝達経路 38a～38c に、複数のポイントで、各光結合経路 37a～37c 等が、基幹光伝達経路 38a～38c の光進行方向に対して斜め方向で結合しているものいずれでもよい。もっとも、図 26 に示すように、図 25 に示した多チャンネル光スイッチでは、各基幹光伝達経路 38a～38c に対応した溝を設けた基板 39 を、各基幹光伝達経路 38a～38c に当該溝を対応させて配設することが好ましい。このような基板 39 の配設により、所定ピッチで精度よく複数の光伝達経路を配設することができるため、各多チャンネル光スイッチ間又は光源と多チャンネル光スイッチ間の結合が容易となる。

また、本発明においては、入力端部 43 又は出力端部 44 に光分波器又は光合波器を結合する構成とすることもでき、このような構成により、波長の異なる複数の光信号を分波又は合波し、各光信号を任意の経路に伝達する光スイッチとすることができる。

更に、本発明における他の実施形態としては、図 19 に示すように、前述した図 14～16 に示す多チャンネル光スイッチ 41 を複数個備え、各多チャンネル光スイッチ 41 における各出力端部 44a、44b、44c の少なくとも一部を、各多チャンネル光スイッチ 41 とは別体として配設される、外部光伝達経路 53 の入力端部を中心に円弧状に位置させて、各多チャンネル光スイッチ 41 を配設する多チャンネル光スイッチを挙げることができる。

この多チャンネル光スイッチでも、前述した図 18 に示す多チャンネル光スイッチと同様に、異なる複数の多チャンネル光スイッチの各出力端部から出力される光を共通の光伝達経路に伝達することができるものであるが、特に、物理的干渉による光伝達経路の結合を必要としないため、結合部分での信号のロスが生じないか、極めて小さくできる利点を有する。

この多チャンネル光スイッチでは、各多チャンネル光スイッチ41を、目的、用途に応じて種々の位置に配設すればよく、例えば、図19に示すように、各多チャンネル光スイッチにおける各出力端部のうち、同じ位置に設けられる各出力端部同士44a、44b、44cそれぞれを、外部光伝達経路53の入力端部を中心に円弧状に位置させることができる。また、例えば、各出力端部のうちの各出力端部同士44aのみを、外部光伝達経路53の入力端部を中心に円弧状に位置させることもできる。

また、この多チャンネル光スイッチでは、図19に示すように、各出力端部44a、44b、44cから出射した光の発散を抑制するために、各出力端部44a、44b、44cに、レンズ7を配設することが好ましく、更に、外部光伝達経路53の入力端部についても、適用する外部光伝達経路53に応じて、レンズ7を配設することが好ましい。

更に、本発明における他の実施形態としては、図20又は図27に示すように、前述した図14～16に示す多チャンネル光スイッチ41複数の各出力端部44と、他の同様の多チャンネル光スイッチ42における複数の入力端部43a、43b、43cとを連結してなる多チャンネル光スイッチを挙げることができる。

この多チャンネル光スイッチも、前述した図18、19の多チャンネル光スイッチと同様に、異なる複数の多チャンネル光スイッチの各出力端部から出力される光を共通の光伝達経路に伝達するものであるが、各多チャンネル光スイッチの各光信号入力端部又は光信号出力端部を直接連結して、光伝達経路を構成するので、図18及び図19に示す多チャンネル光スイッチと比較して小型化が容易である等の利点を有する。

各多チャンネル光スイッチの各光信号入力端部又は光信号出力端部を直接連結する手段としては、図20に示すように、光ファイバー46等が光の損失が少ない点で好ましいが、図27に示すように、球レンズ47であってもよい。もっとも、この球レンズ47で連結する場合には、当該球レンズ47への入射角及びレンズの屈折率を調整することが必要となる。また、原理上

、光の損失が比較的大きいため、光アンプ等を付設して増幅することが好ましい。

本発明における更に他の実施形態としては、図28に示すように、前述した図14～16に示す多チャンネル光スイッチ41複数個と、基体48a中の溝に複数の光導波路49a～49fを設けた光導波路基板48とを備え、各多チャンネル光スイッチ41の各出力端部（図示せず）と、光導波路基板48の各光導波路49a～49fとを連結してなる多チャンネル光スイッチを挙げることができる。

この多チャンネル光スイッチでは、光導波路基板48における溝の深さ又は幅を調整することで、光導波路の開口面積が大きくとれるので、レーザー、LED等の信号源（光源）又はファイバーと、容易に結合することができる。但し、結合が容易となる反面、入射角度が多様となるため、光の損失が比較的大きい。従って、長距離通信等への用途では、光アンプ等を付設することが好ましい。

光導波路基板48としては、例えば、基体48aに所定ピッチで設けた比較的深さのある溝を形成した基体48a本体を、クラッドとして構成し、その溝に透光性樹脂等により光導波路コア50bを形成したものでよいが、予め、溝の表面に、光導波路コアの材料より屈折率の僅かに小さい材料からなるクラッド層を形成しておき、透光性樹脂等によりなる光導波路コアを独立した状態で当該溝に配設することも好ましい。このような構成とすることにより、樹脂、金属、ガラス、セラミックス等種々の材料を基体及び／又は光導波路クラッド材料として使用することができる。また、このような構成では、光の損失が小さくなるように、基体の材料は、クラッドよりも屈折率が大きいことが好ましいのは言うまでもない。また、多チャンネル光スイッチ41と光導波路基板48との結合は、前述した光ファイバ、球レンズ等他、直接、接触させてもよい。

本発明における更に他の実施形態としては、図21に示すように、複数の光スイッチ51が、複数の入力側経路2a～2c、3a～3cを有する少な

くとも一以上の光スイッチ51と、複数の出力側経路4a~4c、5a~5cを有する少なくとも一以上の光スイッチ52とにより構成され、かつ隣接する光スイッチ51間で、一の出力側光伝達経路4a~4cと、一の入力側光伝達経路2a~2eとを連結してなり、複数の光スイッチ51の入力端部43a~43dから入力された光を、複数の光スイッチ51の光路変更部8a~8fでスイッチングを行う多チャンネル光スイッチを挙げることができる。

図21に示すように、この多チャンネル光スイッチでは、光路変更部8a~8fの各々が、各光路変更部8a~8f間で少なくとも2種以上の光反射角度(図21では、光路変更部8a~8fのうち、8a~8cと8d~8fの光反射面を、相互に線対称の位置となる光反射角度(例えば、30°と150°の関係が該当する)を示す。)の光反射部材を有しており、例えば、光路変更部8a、8b、8cを光伝達部1から離隔した状態では、入力端部43aから入力した光が、光路変更部8d~8fへ向かう光伝達経路を進み、光伝達部1に接触した光路変更部8dで、出力端部44aに向かう光伝達経路5dへ光路が切り替えられ、出力端部44aから外部の光伝達経路へ伝達される。他方、例えば、光路変更部8aの光伝達部1への接触した状態では、入力端部43bから入力した光が、光路変更部8bへ向かう光伝達経路4aへ光路を切り替えられて光路変更部8d~8fへ向かう光伝達経路を進み、同様に光伝達部1に接触した光路変更部8d~8fのいずれかで、その光路変更部8d~8fに対応した出力端部44a~44dのいずれかに向かう光伝達経路5d~5fへ光路が切り替えられ、出力端部44a~44dのいずれかから外部の光伝達経路へ伝達される。

このように、この多チャンネル光スイッチでは、一の光伝達部1において、複数の入力端部43a~43dに入力されたそれぞれの光が、複数の光路変更部の作動状態によって任意の一つの出力端部44a~44dへ伝達されるM×N型の光スイッチを実現することができるため、小型化、高集積化を図る上で極めて有利であるという利点を有する。但し、図17~19に示

した多チャンネル光スイッチでは、各入力端部43から光信号を入力してそれぞれの光信号を並列に処理することができるのに対して、この多チャンネル光スイッチでは、各光入力端部43（43a～43d）への光信号の入力は多少の時間差が必要となる。

本発明における更に他の実施形態としては、図29に示すように、少なくとも光路変更部8に光散乱体10fを設けた光スイッチ51を一以上含む複数の光スイッチ51で構成され、隣接する各光スイッチ51間で、一の出力側光伝達経路4a、4bと、一の入力側光伝達経路2b、2cとを、それぞれ光アンプ54を介在させて光ファイバー6により連結してなり、少なくとも一の光スイッチにおける入力端部から入力された光を、一以上の光スイッチの光路変更部で多数の光伝達経路へ分岐してのスイッチングを行う多チャンネル光スイッチを挙げることができる。

この多チャンネル光スイッチでは、光伝達経路2aから入力された光21は、光路変更部8が離隔状態の光スイッチでは、そのまま光伝達部1の反射面1aで全反射され、光伝達経路4aへ、さらには光伝達経路2bへと伝達される。一方、光路変更部8が接触状態の光スイッチのところでは、光伝達経路2bから導入された光が、光路変更部に取り出されて光散乱体10fにより散乱され、光伝達経路4b、5bに分岐される。この際、分岐された光は、分岐により減衰しているが、その先の伝達経路へ伝達される際、光アンプで増幅され、減衰分が補われ、複数の光スイッチを経由しても光信号が殆ど減衰することなく伝達される。なお、光アンプとしては、半導体レーザーダイオード型やファイバー型等を挙げることができる。

以上、主に光通信を意図して本発明の多チャンネル光スイッチを説明してきたが、更に、光通信以外の応用例として、光プリンタへの応用について説明する。

図22は、本発明の多チャンネル光スイッチを光プリンタへ応用した実施形態を模式的に示す説明図である。

、消費電力が小さく、かつ高速応答が可能であるとともに、小型化、高集積化が可能で、かつ信号の減衰を高度に低減することができ、更には、入力した特定の光毎にスイッチングを行うことができる、光通信システム、光記憶装置、光演算装置、光記録装置、光プリンタ等に適した光スイッチを提供することができる。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも、光伝達部と、光路変更部と、アクチュエータ部とを備える光スイッチであって、

該光伝達部は、少なくとも該光路変更部に対向する面の一部に設けられる、光を全反射する光反射面、及び該光反射面を起点に、少なくとも3方向に向けて設けられる、光導液体からなる光伝達経路を有してなり、

該光路変更部は、該光伝達部の該光反射面に移動可能な状態で近接され、少なくとも光を反射又は散乱する光路変更部材を有してなり、

該アクチュエータ部は、外部信号により変位し、該変位を該光路変更部に伝達する機構を有してなり、

該外部信号に応じた該アクチュエータ部の変位により、該光路変更部を該光伝達部の該光反射面に接触又は離隔させ、

該光路変更部が、該光伝達部の該光反射面から離隔した際に、該光伝達経路に入力した光を、該光伝達部の該光反射面で全反射させて出力側の特定の光伝達経路に伝達し、

該光路変更部が、該光伝達部の該光反射面に接触した際に、該光伝達経路に入力した光を取り出して、該光路変更部で反射又は散乱させて、該出力側の1又は2以上の特定の光伝達経路に伝達し、光路の切り替え又は分岐を行うことを特徴とする光スイッチ。

2. 該アクチュエータ部が、

圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の一部に配設される少なくとも1対の電極とからなる圧電／電歪素子と、

該圧電／電歪素子の少なくとも一部と接して、該圧電／電歪素子を支持し、該圧電／電歪層の歪みを屈曲変位又は振動に変換する振動部材と、

該振動部材が振動できるように、該振動部材の少なくとも一部を固定する固定部材と、

該光路変更部と該圧電／電歪素子との間に必要に応じて配設され、該圧電

／電歪素子の変位を光路変更部に伝達する変位伝達部材と
を有する請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

3. 該振動部材と該固定部材とを焼成一体化してセラミックス基体を構成し、かつ該振動部材を薄肉構造として、該セラミックス基体に、凹部若しくは空所を形成した請求の範囲第2項に記載の光スイッチ。

4. 該圧電／電歪素子が、陽極として機能する複数の層を連結してなる陽極層と、陰極として機能する複数の層が連結してなる陰極層とが、セラミックスからなる圧電／電歪層を挟んで交互に積層された積層体からなる請求の範囲第2項に記載の光スイッチ。

5. 該光伝達部が、光の屈折率が異なる2以上の層からなる請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

6. 該光伝達部の該光伝達経路が、光導波路により構成される請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

7. 該光伝達部が、一の光導波体に、該光伝達部の該光反射面を起点に少なくとも3方向に光伝達経路が形成されるように、少なくとも2以上の光導波体を結合して構成される請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

8. 該光伝達部の複数の光信号入力端部及び／又は光信号出力端部に、それぞれ集光レンズ又はコリメータレンズを配設し、光信号を該集光レンズ又は該コリメータレンズを介して入出力する請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

9. 該光路変更部が、透光性の材質からなる光導入部材を有してなる請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

10. 該光路変更部が、光を正反射する光反射体を有する請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

11. 該光を正反射する光反射体が、該光導入部材の該変位伝達部材側の面に一体的に形成される光反射膜である請求の範囲第10項に記載の光スイッチ。

12. 該光路変更部が、光を乱反射する光反射体、又は光を散乱する光散乱

体を有する請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

13. 該光路変更部が、光を乱反射する光反射体、又光を散乱する光散乱体のみで構成されている請求の範囲第1項に記載の光スイッチ。

14. 少なくとも、光伝達部と、光路変更部と、アクチュエータ部とを有する光スイッチを複数個備える多チャンネル光スイッチであって、

該光伝達部は、少なくとも該光路変更部に対向する面の一部に設けられる、光を全反射する光反射面、及び該光反射面を起点に、少なくとも3方向に向けて設けられる、光導波体からなる光伝達経路を有してなり、

該光路変更部は、該光伝達部の該光反射面に移動可能な状態で近接され、少なくとも光を反射又は散乱する光路変更部材を有してなり、

該アクチュエータ部は、外部信号により変位し、該変位を該光路変更部に伝達する機構を有してなり、

該外部信号に応じた該アクチュエータ部の変位により、該光路変更部を該光伝達部の該光反射面に接触又は離隔させ、

該光路変更部が、該光伝達部の該光反射面から離隔した際に、該光伝達経路に入力した光を、該光伝達部の該光反射面で全反射させて出力側の特定の光伝達経路に伝達し、

該光路変更部が、該光伝達部の該光反射面に接触した際に、該光伝達経路に入力した光を取り出して、該光路変更部で反射又は散乱させて、該出力側の1又は2以上の特定の光伝達経路に伝達し、光路の切り替え又は分岐を行うことを特徴とする多チャンネル光スイッチ。

15. 複数の光スイッチにおける各光伝達経路が、単一の光伝達部で形成されてなる請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

16. 該複数の光スイッチにおける各光伝達経路が、相互に交差して、該各光伝達経路の一部を共用化する請求の範囲第15項に記載の多チャンネル光スイッチ。

17. 該複数の光スイッチが、隣接する光スイッチ間で、一の出力側光伝達経路と、一の入力側光伝達経路とを連結してなり、一の光スイッチにお

る入力端部から入力された光を、複数の光スイッチの各光路変更部でスイッチングを行う請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

18. 該複数の光スイッチが、複数の入力側経路を有する少なくとも一以上の光スイッチと、複数の出力側経路を有する少なくとも一以上の光スイッチとから構成され、かつ隣接する光スイッチ間で、一の出力側光伝達経路と、一の入力側光伝達経路とを連結してなり、複数の光スイッチの入力端部から入力された光を、複数の光スイッチの光路変更部でスイッチングを行う請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

19. 該複数の光スイッチが、隣接する光スイッチ間で、一の出力側光伝達経路と、一の入力側光伝達経路とを、それぞれ光ファイバーを介して連結してなり、少なくとも一の光スイッチにおける入力端部から入力された光を、複数の光スイッチの光路変更部でスイッチングを行う請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

20. 請求の範囲第17項に記載の多チャンネル光スイッチを、複数並列した多チャンネル光スイッチ。

21. 請求の範囲第18項に記載の多チャンネル光スイッチを、複数並列した多チャンネル光スイッチ。

22. 請求の範囲第19項に記載の多チャンネル光スイッチを、複数並列した多チャンネル光スイッチ。

23. 請求の範囲第17項に記載の多チャンネル光スイッチを複数個備え、該各多チャンネル光スイッチにおける各出力端部同士の少なくとも一部を、該各多チャンネル光スイッチとは別体として配設される、外部光伝達経路の入力端部を中心に円弧状に位置させて、該各多チャンネル光スイッチを配設する多チャンネル光スイッチ。

24. 請求の範囲第18項に記載の多チャンネル光スイッチを複数個備え、該各多チャンネル光スイッチにおける各出力端部同士の少なくとも一部を、該各多チャンネル光スイッチとは別体として配設される、外部光伝達経路の入力端部を中心に円弧状に位置させて、該各多チャンネル光スイッチを配

設する多チャンネル光スイッチ。

25. 請求の範囲第19項に記載の多チャンネル光スイッチを複数個備え、該各多チャンネル光スイッチにおける各出力端部同士の少なくとも一部を、該各多チャンネル光スイッチとは別体として配設される、外部光伝達経路の入力端部を中心に円弧状に位置させて、該各多チャンネル光スイッチを配設する多チャンネル光スイッチ。

26. 請求の範囲第17項に記載の多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分岐器又は光結合器を結合して、該光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ。

27. 請求の範囲第18項に記載の多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分岐器又は光結合器を結合して、該光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ。

28. 請求の範囲第19項に記載の多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分岐器又は光結合器を結合して、該光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ。

29. 請求の範囲第17項に記載の多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分岐器又は光合波器を結合して、該光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ。

30. 請求の範囲第18項に記載の多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分岐器又は光合波器を結合して、該光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ。

31. 請求の範囲第19項に記載の多チャンネル光スイッチにおける各光伝達経路の光信号入力端部又は光信号出力端部に、それぞれ光分岐器又は光

合波器を結合して、該光伝達経路の少なくとも一部を分岐又は集束した多チャンネル光スイッチ。

32. 請求の範囲第17項に記載の多チャンネル光スイッチ複数個の各出力端部又は各入力端部と、他の少なくとも一の該多チャンネル光スイッチにおける複数の入力端部又は出力端部とを連結してなる多チャンネル光スイッチ。

33. 請求の範囲第18項に記載の多チャンネル光スイッチ複数個の各出力端部又は各入力端部と、他の少なくとも一の該多チャンネル光スイッチにおける複数の入力端部又は出力端部とを連結してなる多チャンネル光スイッチ。

34. 請求の範囲第19項に記載の多チャンネル光スイッチ複数個の各出力端部又は各入力端部と、他の少なくとも一の該多チャンネル光スイッチにおける複数の入力端部又は出力端部とを連結してなる多チャンネル光スイッチ。

35. 該アクチュエータ部が、

圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の一部に配設される少なくとも1対の電極とからなる圧電／電歪素子と、

該圧電／電歪素子の少なくとも一部と接して、該圧電／電歪素子を支持し、該圧電／電歪層の歪みを屈曲変位又は振動に変換する振動部材と、

該振動部材が振動できるように、該振動部材の少なくとも一部を固定する固定部材と、

該光路変更部と該圧電／電歪素子との間に必要に応じて配設され、該圧電／電歪素子の変位を光路変更部に伝達する変位伝達部材と、

を有する請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

36. 該振動部材と該固定部材とが焼成一体化してセラミックス基体を構成し、かつ該振動部材を薄肉構造として、該セラミックス基体に、凹部又は空所を形成した請求の範囲第35項に記載の多チャンネル光スイッチ。

37. 該圧電／電歪素子が、陽極として機能する複数の層が連結してなる

陽極層と、陰極として機能する複数の層が連結してなる陰極層とが、セラミックスからなる圧電／電歪層を挟んで交互に積層された積層体からなる請求の範囲第35項に記載の多チャンネル光スイッチ。

38. 該光伝達部が、一の光導波体に、該光伝達部の該光反射面を起点に少なくとも3方向に光伝達経路が形成されるように、少なくとも2以上の光導波体を結合して構成される請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

39. 該光伝達部の複数の光信号入力端部及び／又は光信号出力端部に、それぞれ集光レンズ又はコリメータレンズを配設し、光信号を該集光レンズ又は該コリメータレンズを介して入出力する請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

40. 該光伝達部が、光の屈折率が異なる2以上の層からなる請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

41. 該光伝達部の一部に、光導波体からなる光伝達経路を形成する請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

42. 該光路変更部が、透光性の材質からなる光導入部材を有してなる請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

43. 該光路変更部が、光を正反射する光反射体を有する請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

44. 該光を正反射する光反射体が、該光導入部材の該変位伝達部材側の面に一体的に形成される光反射膜である請求の範囲第43項に記載の光スイッチ。

45. 該光路変更部が、光を乱反射する光反射体又光を散乱する光散乱体を有する請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

46. 該光路変更部が、光を乱反射する光反射体又光を散乱する光散乱体のみで構成されている請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

47. 該光路変更部の各々が、各光路変更部間で少なくとも2種以上の正

反射角度の光反射体を有する請求の範囲第14項に記載の多チャンネル光スイッチ。

2007542204

要 約 書

少なくとも、光伝達部と、光路変更部と、アクチュエータ部とを備える光スイッチである。光伝達部は、少なくとも光路変更部に対向する向の一部に設けられる、光を全反射する光反射面、及びこの光反射面を起点に、少なくとも3方向に向けて設けられる、光導波体からなる光伝達経路を有してなる。光路変更部は、光伝達部の光反射面に移動可能な状態で近接され、少なくとも光を反射又は散乱する光路変更部材を有してなる。アクチュエータ部は、外部信号により変位し、変位を光路変更部に伝達する機構を有してなり、外部信号に応じたアクチュエータ部の変位により、光路変更部を光伝達部の光反射面に接触又は離隔させる。そして、光路変更部が、光伝達部の光反射面から離隔した際に、光伝達経路に入力した光を、光伝達部の光反射面で全反射させて出力側の特定の光伝達経路に伝達し、光路変更部が、光伝達部の光反射面に接触した際に、光伝達経路に入力した光を取り出して、光路変更部で反射又は散乱させて、出力側の1又は2以上の特定の光伝達経路に伝達し、光路の切り替え又は分岐を行う。この光スイッチによれば、消費電力が小さく、かつ高速応答が可能であるとともに、小型化、高集積化が可能で、かつ信号の減衰を高度に低減することができ、更には、入力した特定の光毎にスイッチングを行うことができる。

い耐久性に優れたものとすることができる。

1/24

図1(イ)

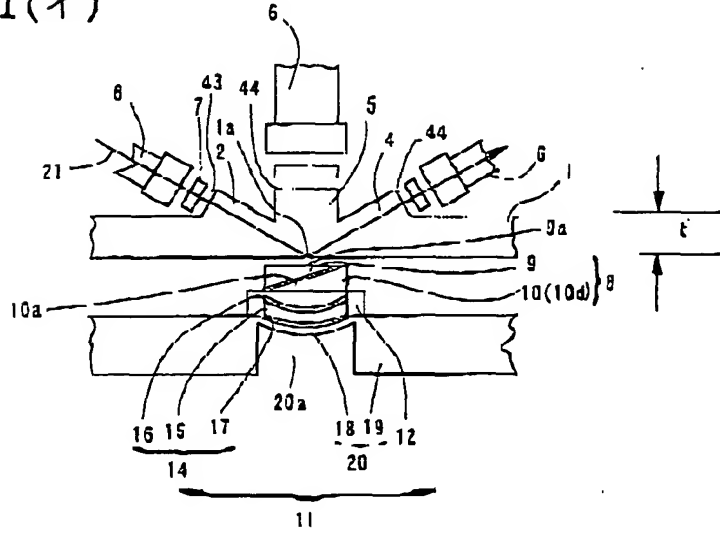


圖 1 (口)

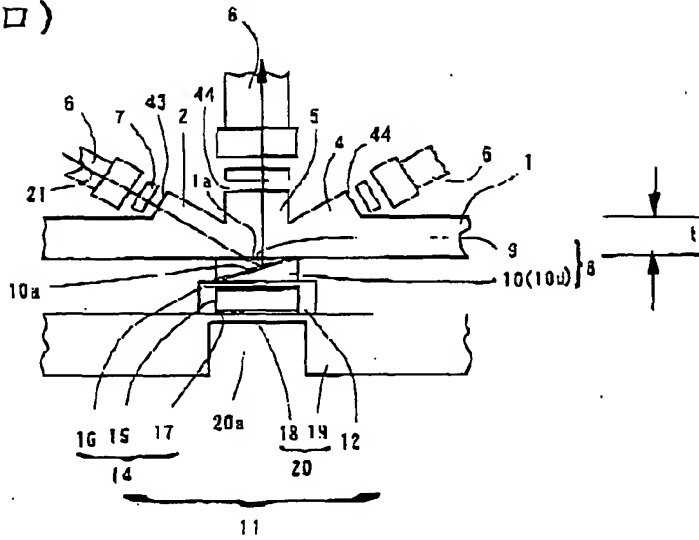
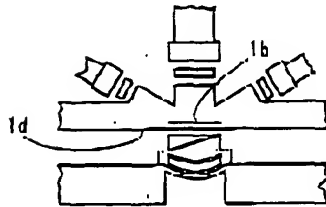


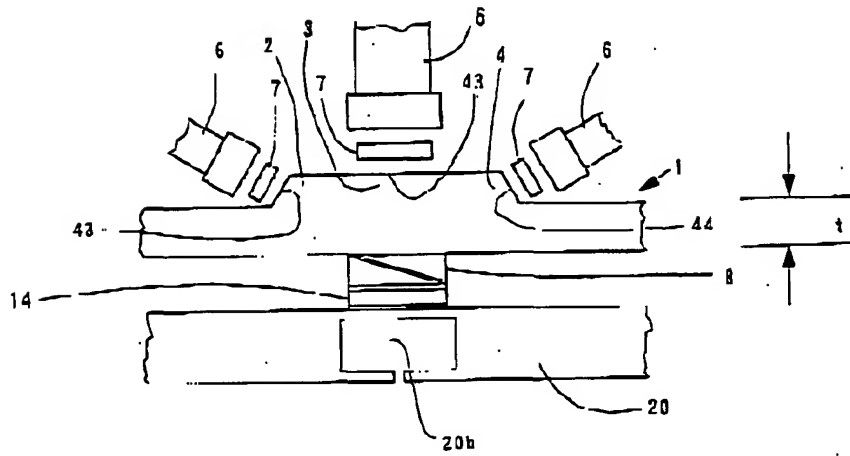
図1(ハ)



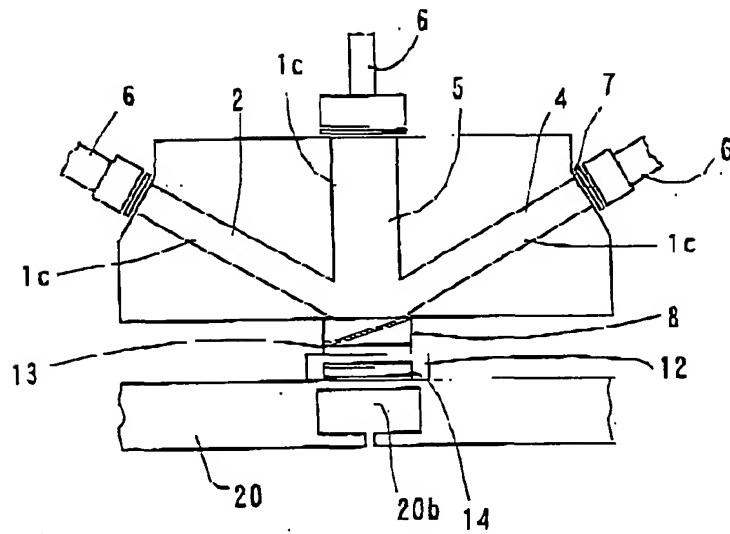
1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2

2/24

2



3



400775 12004

3/24

図4

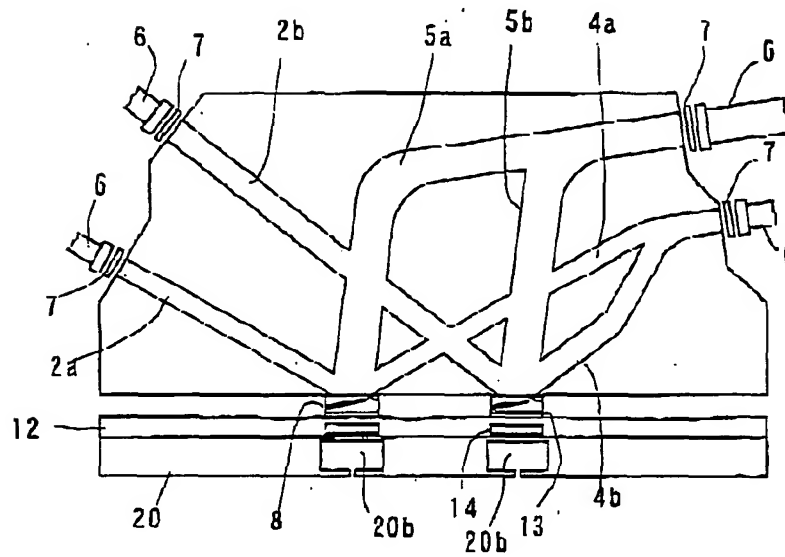
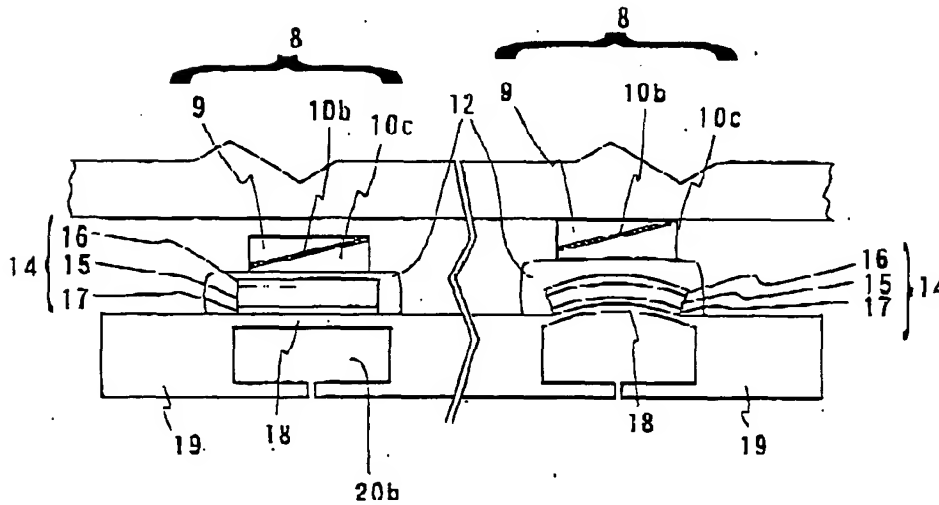


図5



4/24

FIG 6

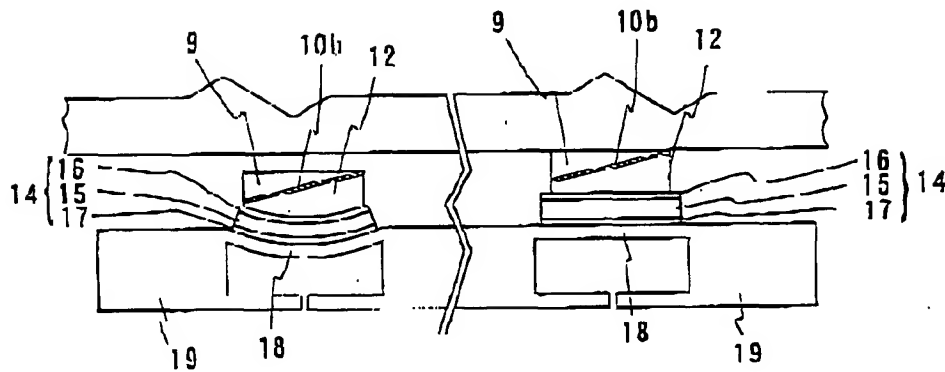
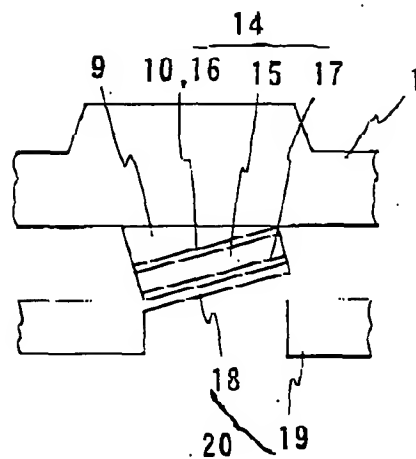


FIG 7



5/24

図8

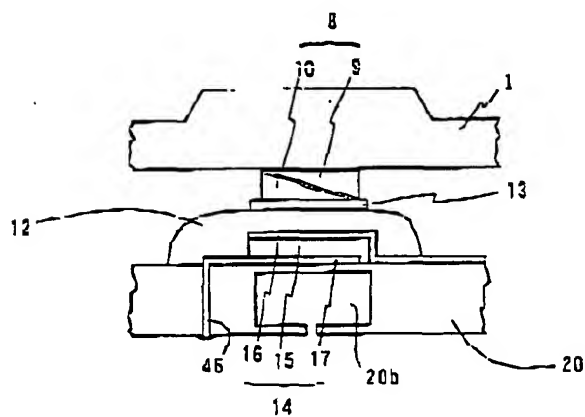
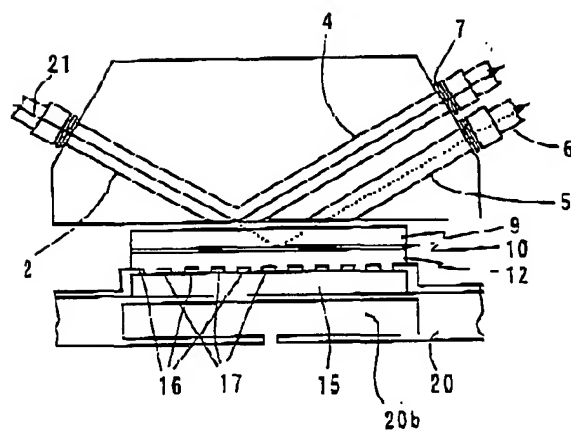


図9



1002775-12001
1002775-12001

6/24

図10(イ)

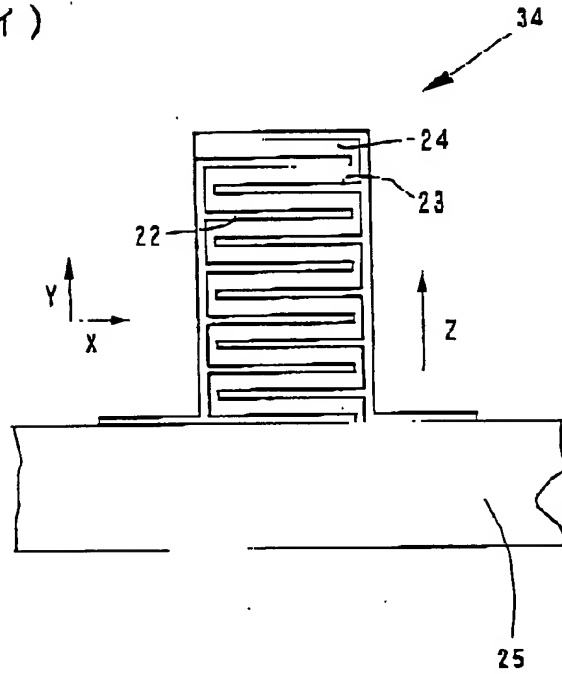
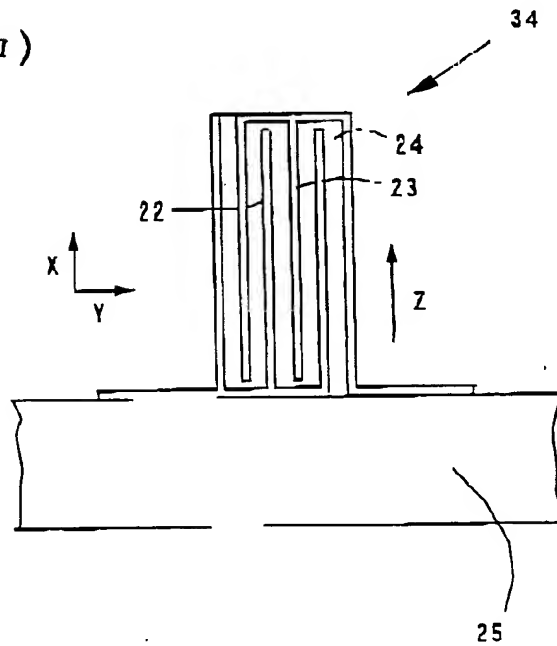
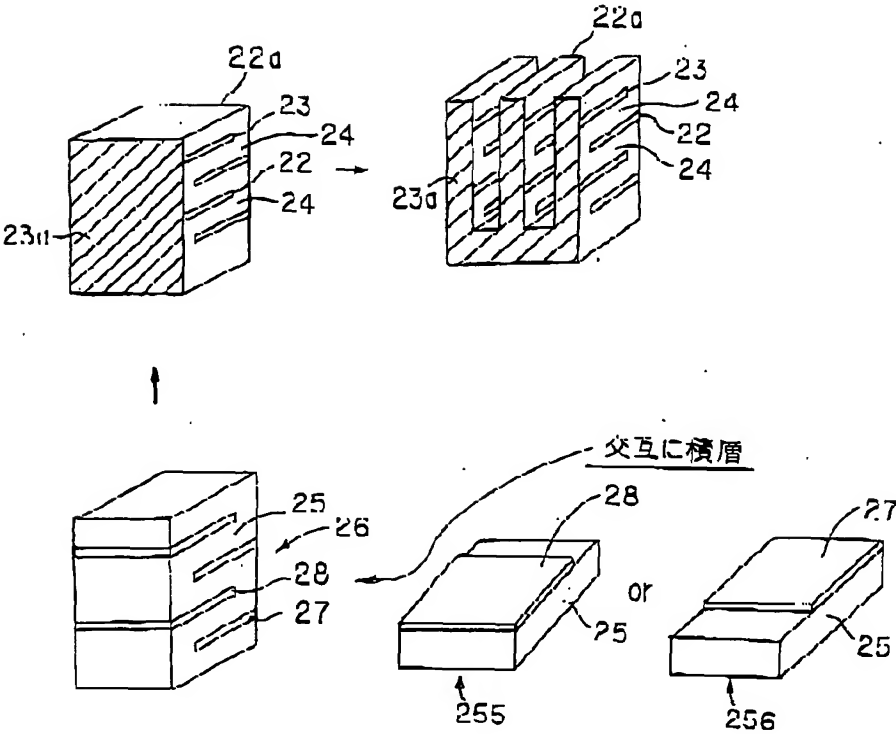


図10(ロ)



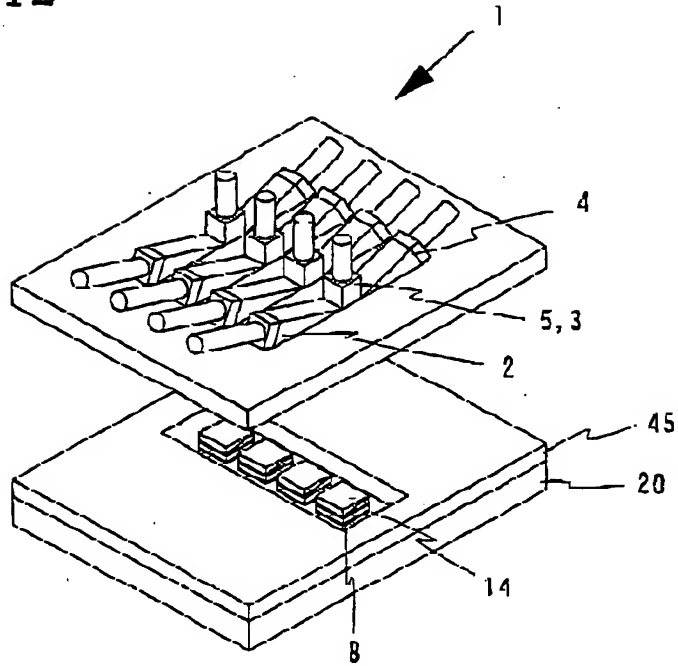
7/24

図11



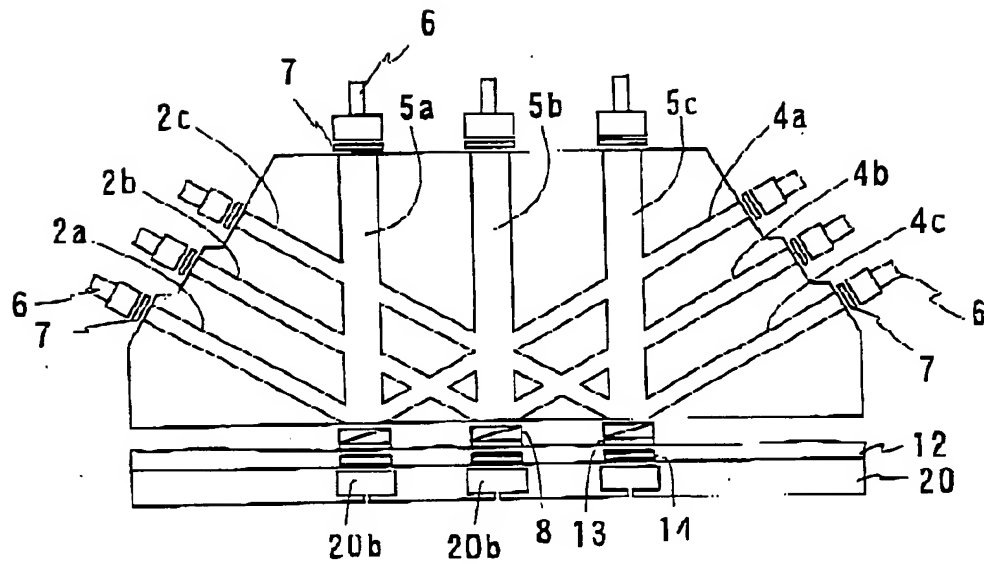
8/24

FIG. 12



9/24

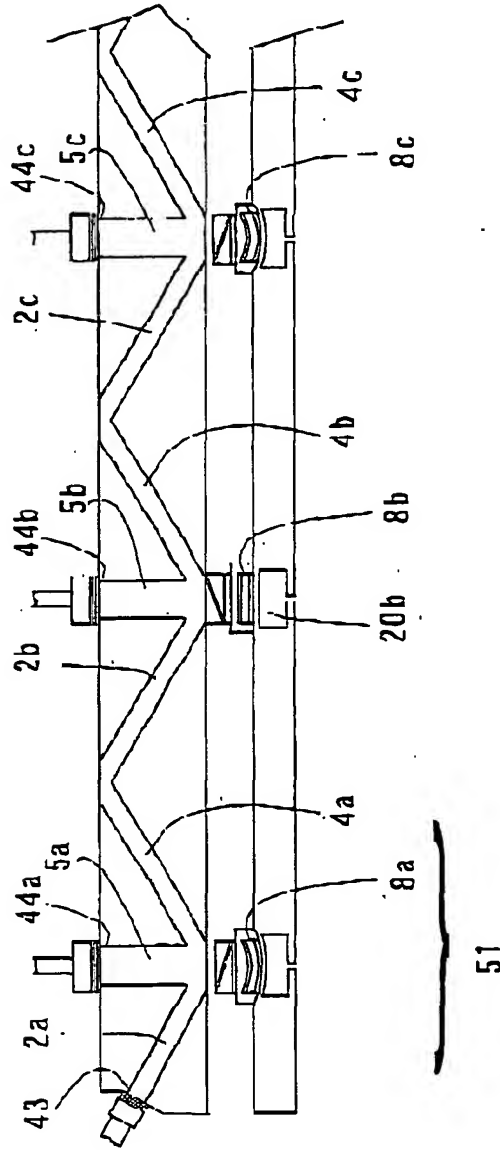
FIG. 13



1002775 12001

10/24

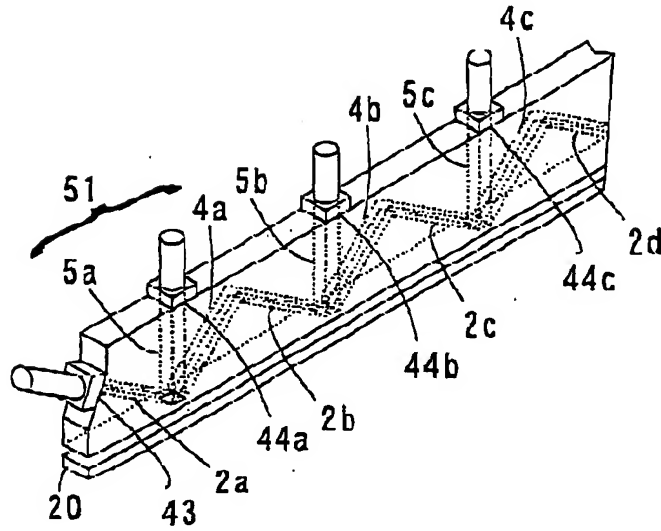
図14



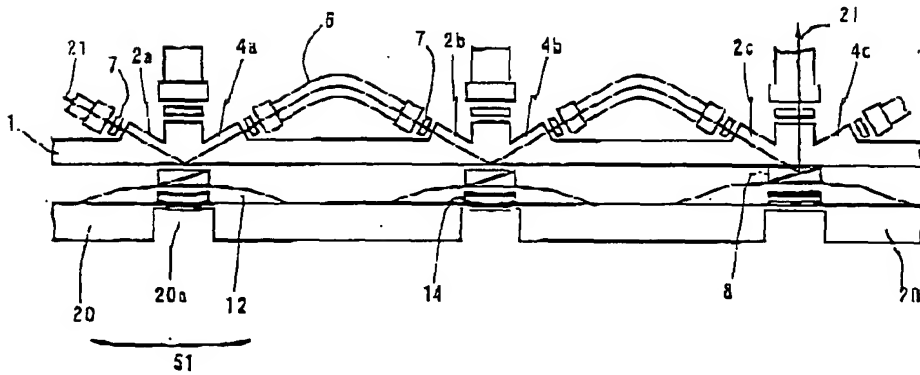
100221 5/22001

11/24

15



16



1002775 12004

12/24

FIG 17

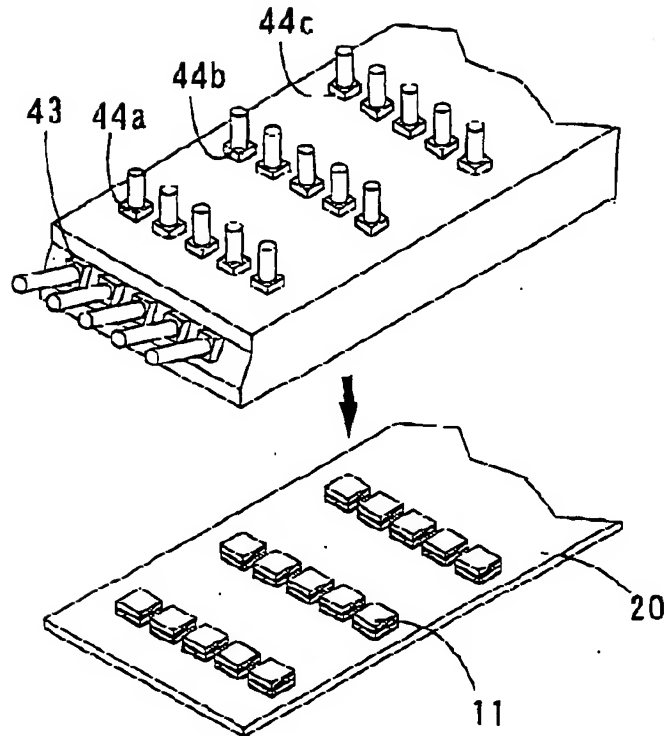
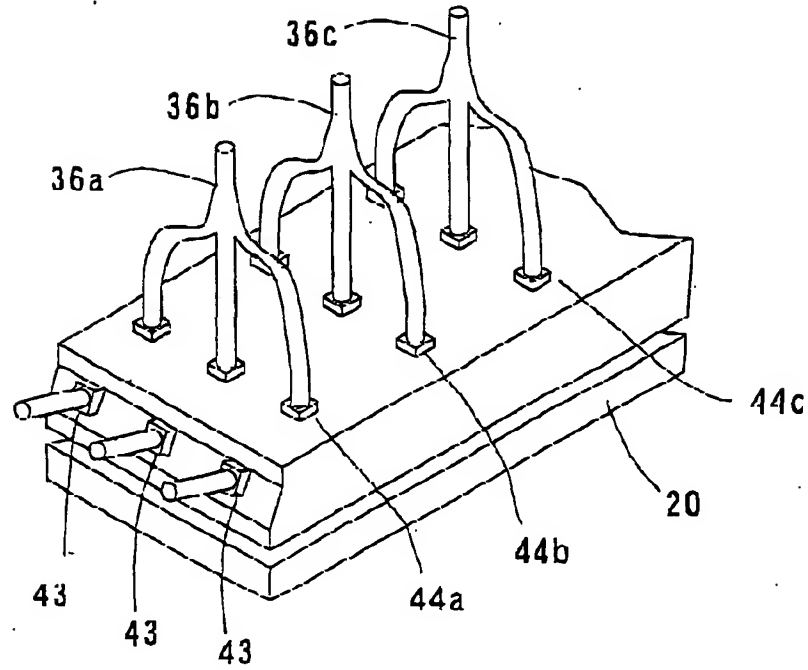


图 18



14/24

FIG 19

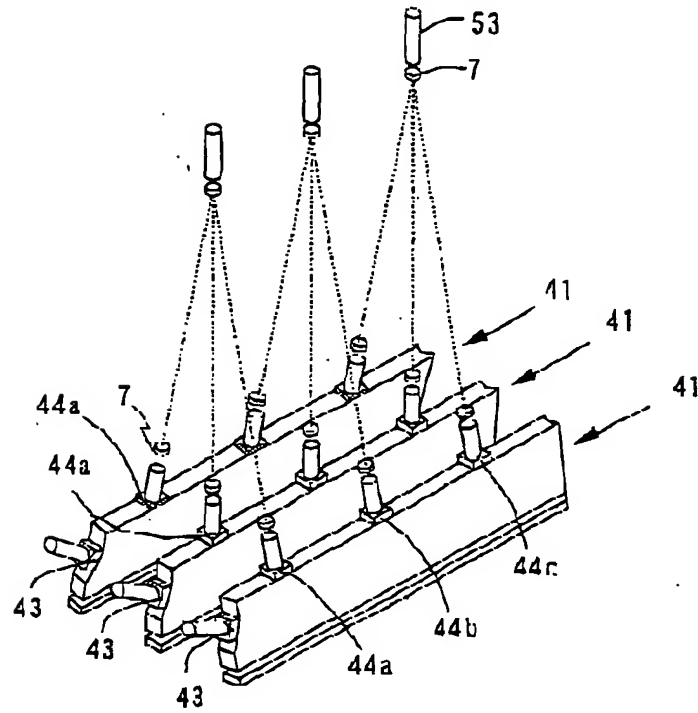


FIG 19

15/24

20

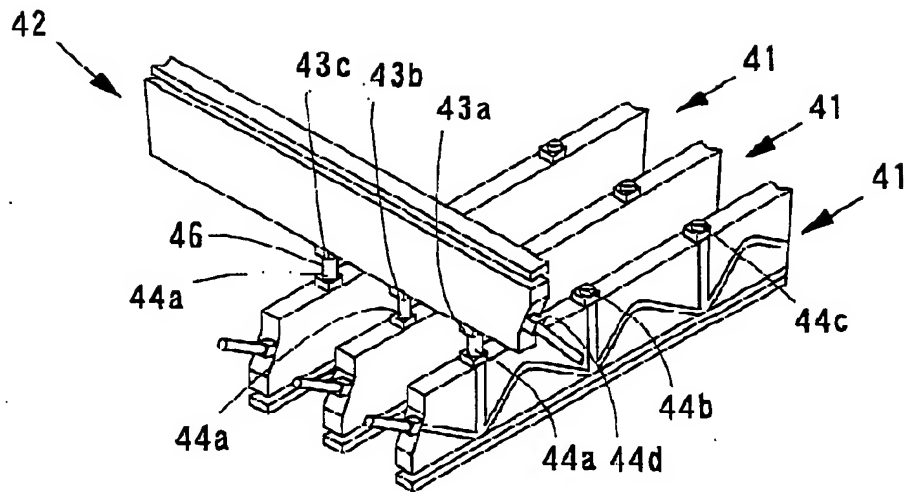
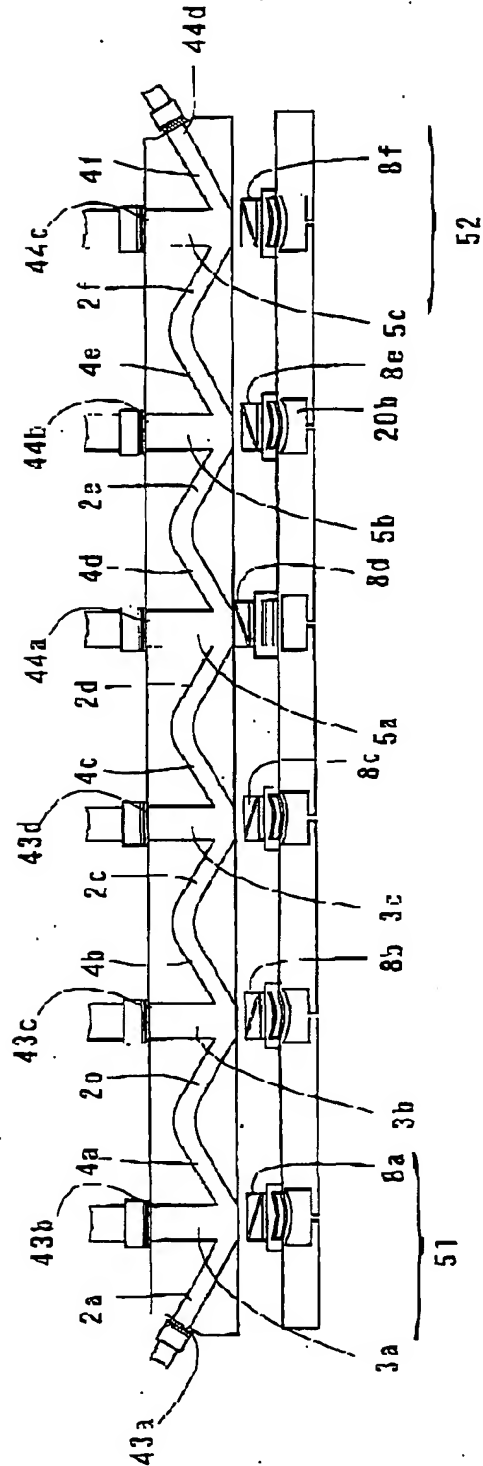


FIG. 15

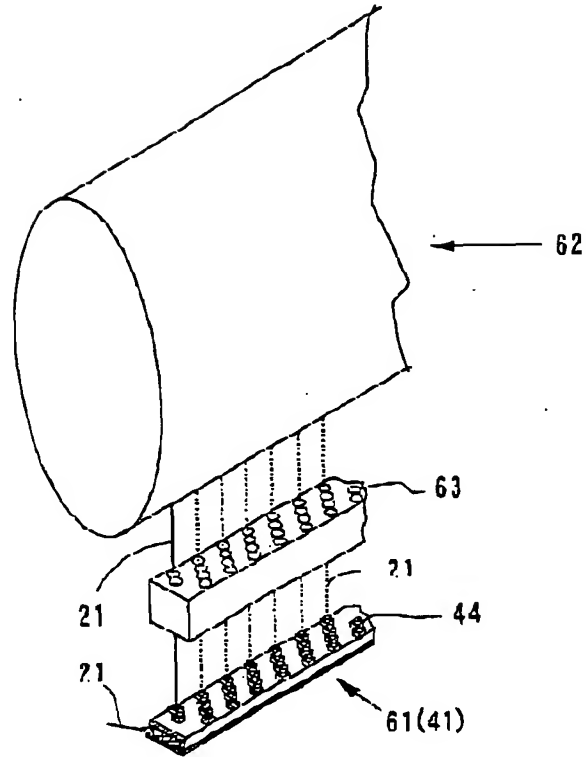
16/24

21



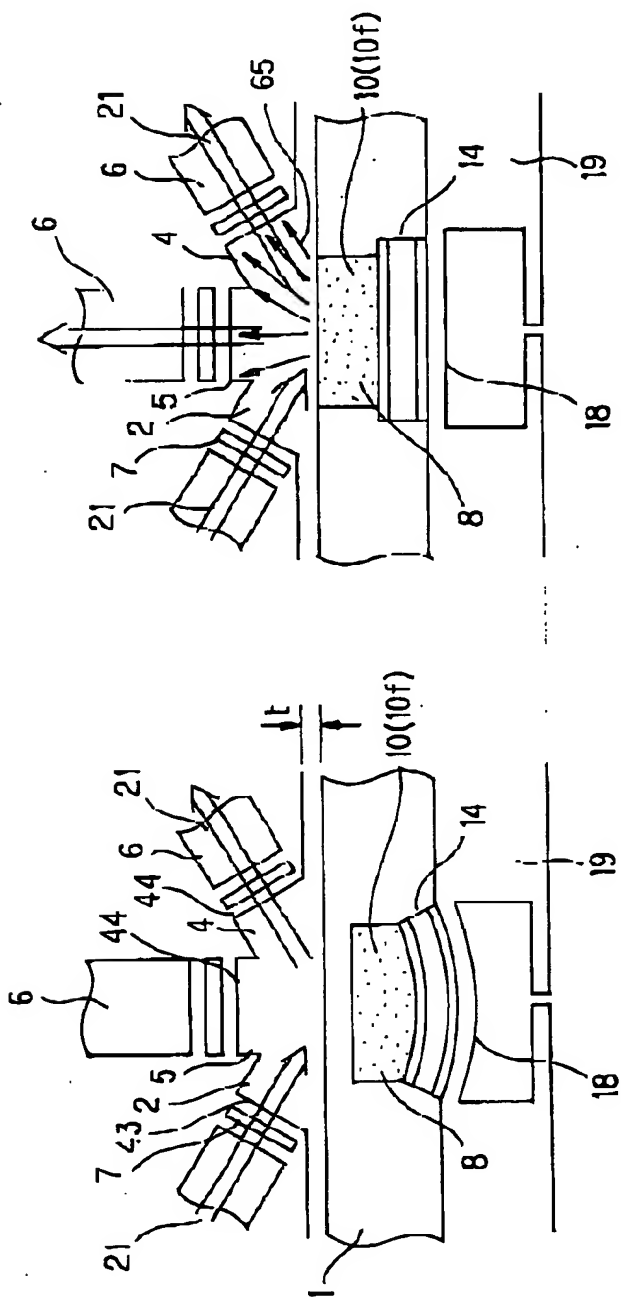
17/24

22



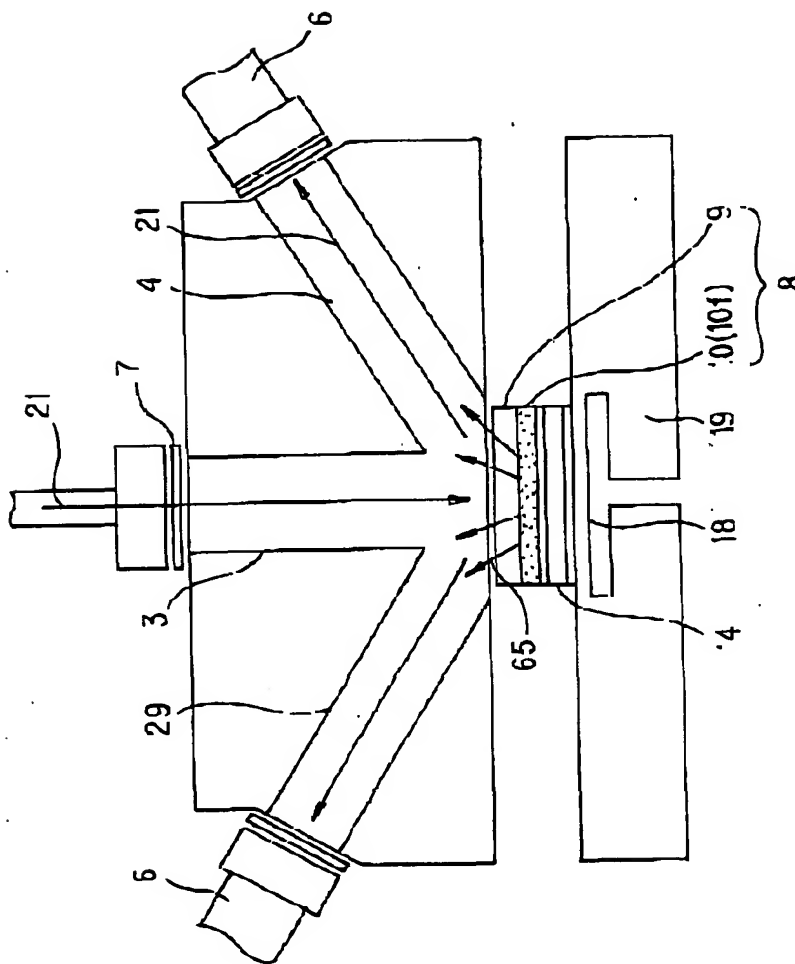
1002775-12001

☒ 23(1)



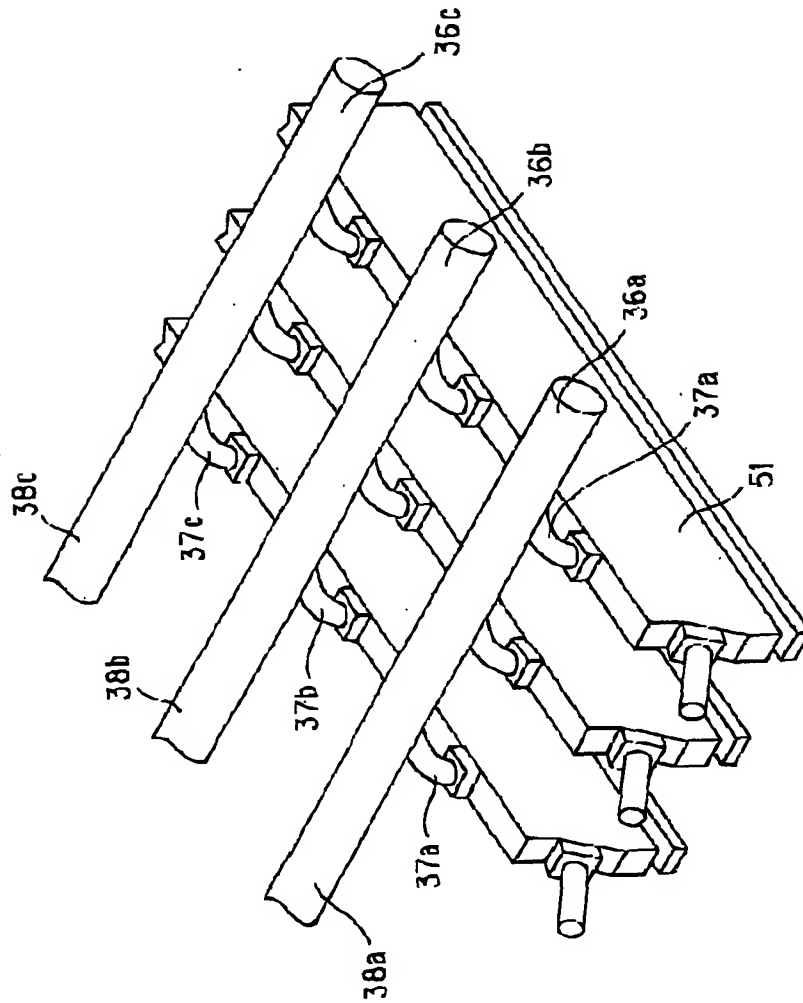
19/24

図24



20/24

FIG. 25



21/24

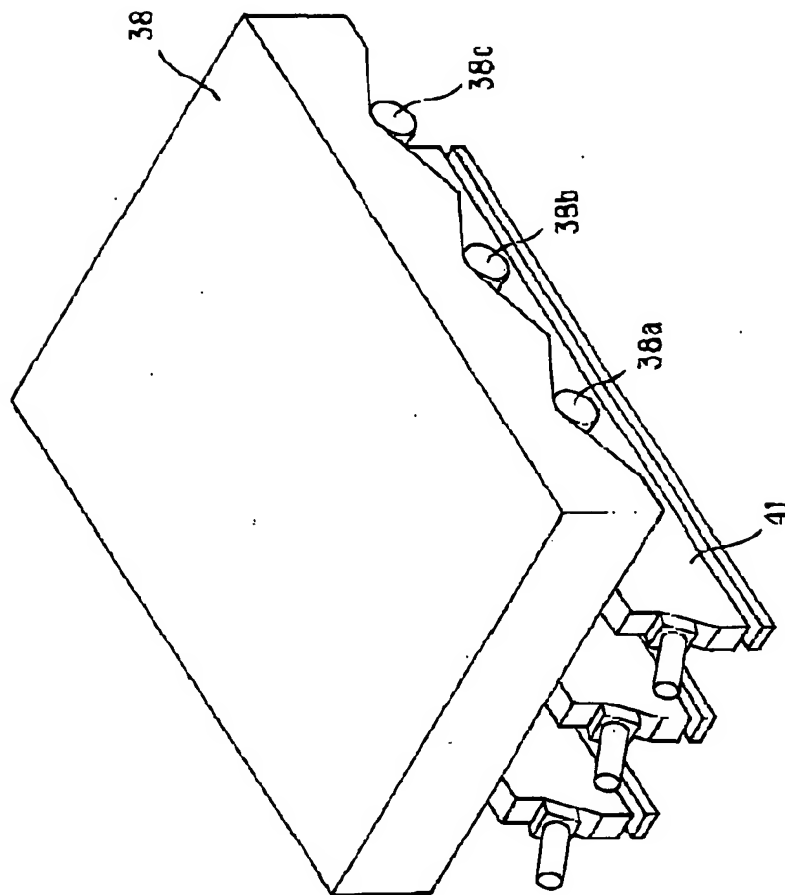


FIG. 26

FIG. 26

22/24

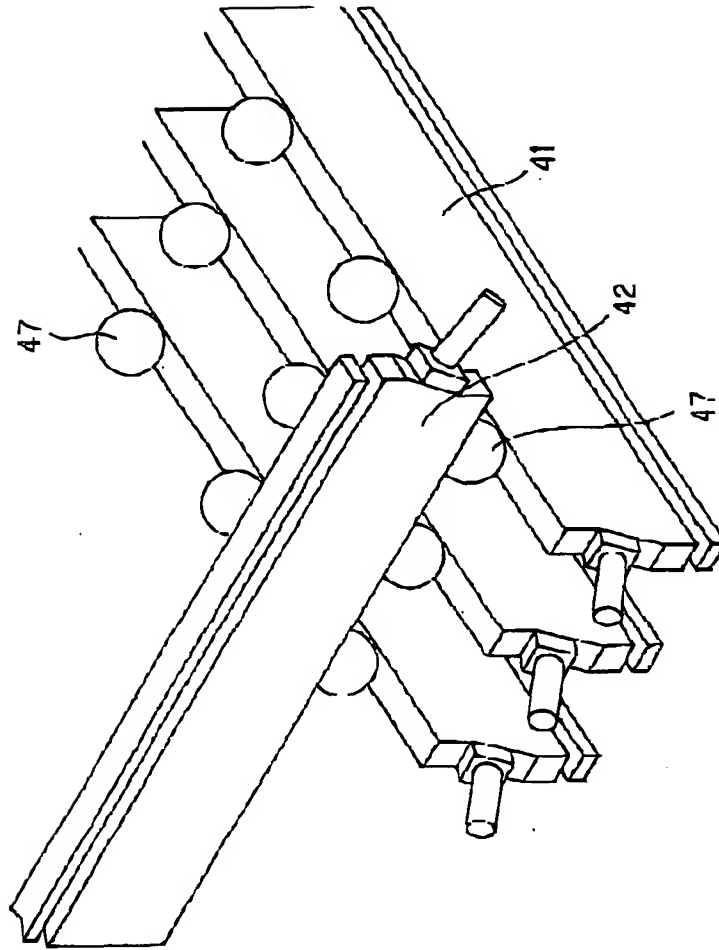


FIG. 27

23/24

FIG. 28

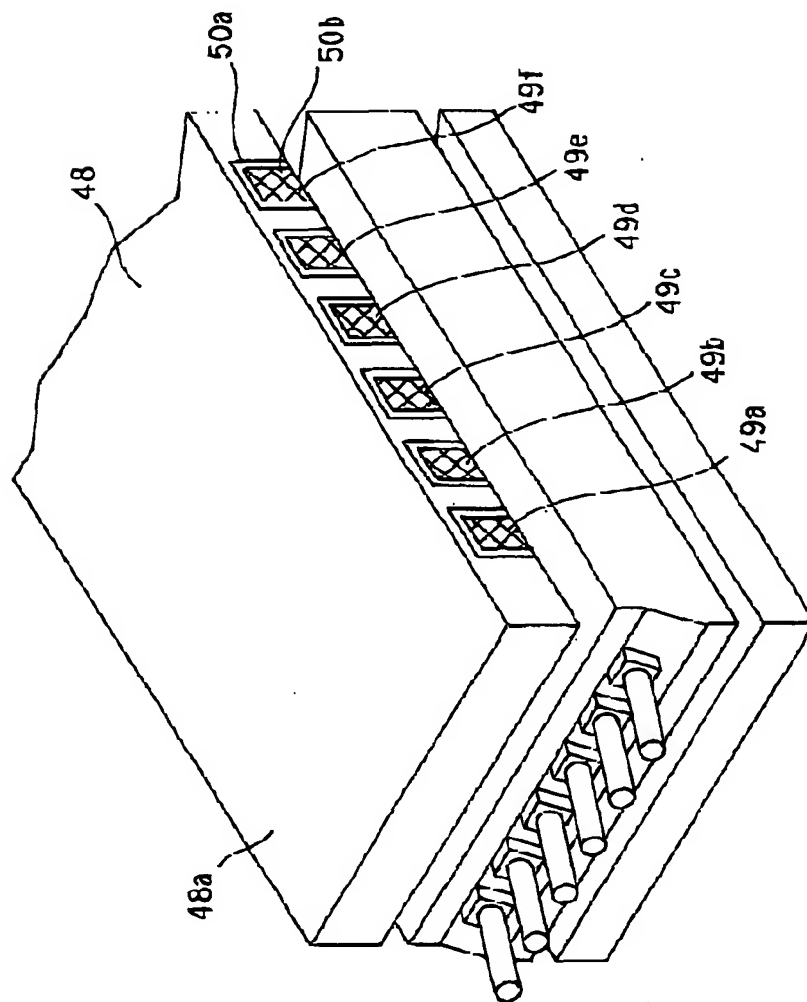


FIG. 28

24/24

FIG. 29

図29

